EMBRATEL
Empresa do Sistema TELEBRÁS

3ª Edição

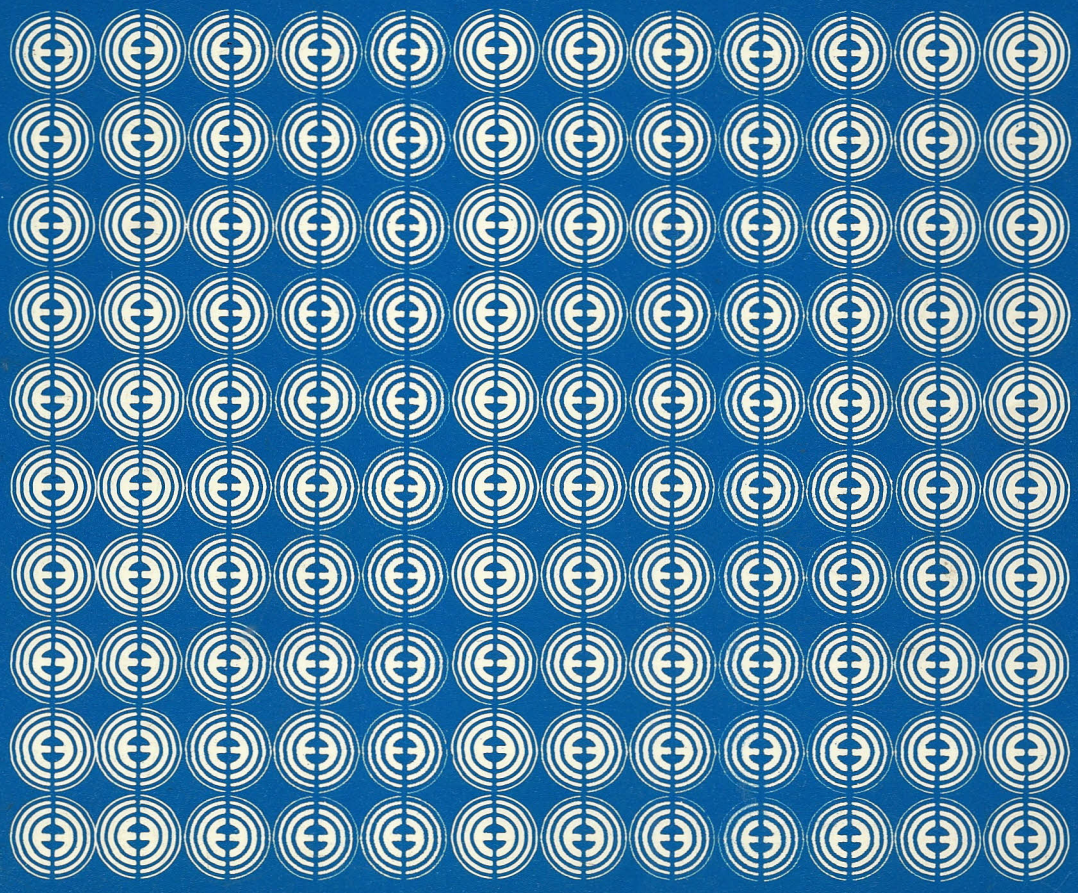
TELECOMUNICAÇÕES

SISTEMAS MULTIPLEX

2

J. PINES

O. BARRADAS



LTC LIVROS TÉCNICOS E CIENTÍFICOS EDITORA S.A.

TELECOMUNICAÇÕES

SISTEMAS MULTIPLEX 2

TELECOMUNICAÇÕES

SISTEMAS MULTIPLEX

2

3ª Edição

AUTOR

JOSÉ PINES

- Engenheiro Eletrônico formado pela UFRJ;
- Trabalhou na indústria de Telecomunicações;
- Cursos de especialização em Telecomunicações na *Philips International Training Centre* (Hilversun – Holanda) e no *Deutsche Bundespost* (Darmstadt – Alemanha);
- Chefiou a Seção de Transmissão do Tronco Rio–Brasília, ocupando, atualmente, a chefia da Seção de Multiplex da Divisão de Transmissão da EMBRATEL.

ORIENTADOR E REVISOR TÉCNICO

OVÍDIO CESAR MACHADO BARRADAS

- Engenheiro formado pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Lecionou no ITA, na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e no Liceu Eduardo Prado.
- Trabalhou no *Radioscience Lab* da Universidade Stanford, Estados Unidos;
- Estagiou na NTT e na NEC, Japão;
- Ocupou cargo de Engenheiro-Chefe em indústrias paulistas;
- Foi chefe da Divisão da Engenharia e Superintendente da EMBRATEL, Diretor-Técnico da Companhia Telefônica Brasileira (TELERJ). Atualmente, é Chefe da Assessoria de Planejamento de Operações da EMBRATEL.

LIVROS TÉCNICOS E CIENTÍFICOS EDITORA

EMBRATEL
Empresa do Sistema TELEBRÁS

Copyright © 1977, 1978, 1983 J. Pines e O. Barradas

Proibida a reprodução, mesmo parcial,
e por qualquer processo, sem autorização expressa do autor e do editor.

Projeto e diagramação: LTC – LIVROS TÉCNICOS E CIENTÍFICOS EDITORA S.A.
Para a composição deste livro foi usado o Univers.
O layout e a arte-final de capa são de AG Comunicação Visual Assessoria e Projetos Ltda.

1ª edição – 1977
2ª edição – 1978
3ª edição – 1983

CIP-Brasil. Catalogação-na-fonte
Sindicato Nacional dos Editores de Livros, RJ.

Pines, José.
P716t Telecomunicações: sistemas multiplex |por| José Pines |e| Ovídio Cesar Machado Barradas. Rio de Janeiro, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Embratel, 1983.

478 p. ilust.

Bibliografia

1. Sistema Multiplex 2. Telecomunicações I. Barradas, Ovídio Cesar Machado II. Título

CDD – 384
621.385
77-0363 CDU – 621.394.44

ISBN: 85-216-0290-1 (vol. 2)
Obra completa: ISBN: 85-216-0288-X

Direitos desta edição reservados:
LTC – LIVROS TÉCNICOS E CIENTÍFICOS EDITORA S.A.
Av. Venezuela, 163
20.220 – Rio de Janeiro – RJ
1983

APRESENTAÇÃO

Presentemente, a Arte de Telecomunicações demanda conhecimento e aplicação de princípios e conceitos altamente sofisticados quanto à geração e transporte da informação por meios e processos eletrônicos. No Brasil, o impacto desta tecnologia ocorreu, de forma marcante, em 1967, com o advento do primeiro sistema de microondas de alta capacidade interligando as capitais do Sul do País. Em 1977, apenas 10 anos depois, todas as capitais e principais cidades do Brasil estavam interligadas por sistemas desse tipo, formando a Rede Nacional de Telecomunicações.

Os serviços prestados por esta Rede evoluíram no mesmo ritmo, iniciando-se pela transmissão de voz nos sistemas telefônicos, transmissão de imagem nos sistemas de televisão e ainda transmissão telegráfica, telex e, ultimamente, transmissão de dados entre computadores situados a grandes distâncias. Além dos sistemas terrestres de microondas em visibilidade direta ou tropodifusão, o País conta também com telecomunicações internacionais via satélite e cabos submarinos, pelos quais trafegam todos estes tipos de serviços para várias nações em todos os continentes.

Em todos esses sofisticados sistemas de telecomunicações, destaca-se um equipamento terminal denominado MULTIPLEX, que propicia maior eficiência na utilização dos meios de comunicação disponíveis.

O objetivo deste livro é apresentar a filosofia de realização e operação deste equipamento, tanto para técnicas de transmissão analógicas, como digitais. Ênfase especial foi dada à utilização do MULTIPLEX como "sistema", destacando-se os aspectos relacionados a sua operação e manutenção.

O autor não pressupõe conhecimentos especializados do leitor a respeito de MULTIPLEX. Entretanto, leva-o gradualmente a ser capaz de compreender e utilizar este equipamento em toda a sua potencialidade.

Para o estudioso de telecomunicações destaca-se a importância deste livro, por constituir uma apresentação lógica e abrangente sobre o assunto, cuja bibliografia atualmente é esparsa, ora apresentando aspectos de superficialidade, ora de grande especialização. Espera-se, assim, haver a EMBRATEL contribuído para suprir, em parte, essa lacuna.

Helvécio Gilson
VICE-PRESIDENTE DA EMBRATEL

PREFÁCIO DA 3ª EDIÇÃO

Face a rápida expansão do Sistema Brasileiro de Telecomunicações, tanto para transmissão de telefonia, como para telex, dados e outros serviços, torna-se necessária uma constante atualização da matéria apresentada com relação às novas especificações do CCITT, bem como um aprimoramento das explicações e conceitos, face às sugestões recebidas de diversos colegas das Empresas de Telecomunicações, de Indústrias do ramo e de Universidades.

Visando facilitar a consulta e o manuseio da obra, esta 3ª Edição foi dividida em 2 volumes, do seguinte modo:

1º Volume — inclui os capítulos de 1 a 7, fornecendo desde as noções básicas sobre multiplexação e conceitos fundamentais para a formação de um sistema multiplex, até os circuitos eletrônicos mais usuais.

2º Volume — inclui os capítulos de 8 a 12, focalizando a qualidade de transmissão no multiplex, usos especiais do multiplex e multiplexação por divisão de tempo.

Ao final de cada volume foram incluídos os questionários relativos ao assunto abordado.

O AUTOR

PREFÁCIO DA 2ª EDIÇÃO

A rápida evolução da técnica de multiplexação, mormente com a disseminação da multiplexação por divisão de tempo (TDM), que impõe uma mudança de mentalidade técnica, justifica uma revisão da matéria apresentada no texto da 1ª edição.

As inúmeras solicitações, bem como sugestões por parte de profissionais vinculados a empresas de telecomunicações, industriais do ramo, universidades e escolas técnicas, mostraram a necessidade de um texto abrangente sobre o assunto. O apoio destes profissionais animou a ampliação deste trabalho. Nesta 2ª Edição foram introduzidos os seguintes principais assuntos: Meios de Transmissão empregados pelo Multiplex e Serviços de Telecomunicações, no capítulo 2; Formação de Bandas Básicas de Pequena, Média e Alta Capacidade, no capítulo 3; Sistemas de Sinalização Recomendados pelo CCITT, no capítulo 5; ampliados os assuntos referentes a Fatores de Degradação da Qualidade do Sinal no Sistema Multiplex, no capítulo 8; Usos Especiais do Multiplex, no capítulo 9, e Multiplexação por Divisão no Tempo, no capítulo 10; foi introduzido um capítulo específico sobre Gerência de Sistema Multiplex e ampliação da parte de Organismos Nacionais e Internacionais de Telecomunicações.

O AUTOR

PREFÁCIO DA 1ª EDIÇÃO

Até a década de 60, praticamente não existiam, no Brasil, sistemas de telecomunicações de longa distância, de média ou alta capacidade, com exceção dos enlaces de microondas entre Rio de Janeiro e São Paulo e Rio de Janeiro e Brasília. Com a criação da EMBRATEL em 1965, foi iniciada a implantação do Sistema Básico de Telecomunicações do Brasil, destinado a permitir a ligação interurbana entre os principais centros do País. Deste modo, em 1968 já tínhamos o primeiro sistema de comunicações de alta capacidade em microondas, ligando Porto Alegre e São Paulo por 900 canais telefônicos. Desde então, o Sistema Nacional se expandiu rapidamente, implantando-se enlaces de microondas com 900 canais, 1 800 canais, 2 700 canais e, finalmente, em 1977, sistemas de cabo coaxial com 10 800 canais em São Paulo.

Devido a essa rápida evolução no crescimento da canalização interurbana no Brasil, os equipamentos multiplex, que praticamente não eram empregados na década passada, tornaram-se indispensáveis na implantação dos atuais sistemas de alta capacidade.

Entretanto, no ensino de telecomunicações, os currículos para a formação, tanto de engenheiros como de técnicos, não sofreram a mesma evolução, dando-se atualmente aos sistemas multiplex a mesma importância que na década passada.

Propusemo-nos, então, a apresentar um trabalho que preenchesse essa lacuna, mostrando os conceitos básicos sobre os sistemas e equipamentos multiplex, com ênfase particular no multiplex por divisão de freqüências.

Para alcançar tal objetivo, os sistemas multiplex foram focalizados sob dois aspectos. O primeiro, através do estudo da função de cada um dos equipamentos que compõem esses sistemas, bem como dos circuitos eletrônicos típicos que os integram. O segundo, através do estudo do processamento e distorções que o sinal sofre ao ser transmitido por esses equipamentos.

Mesmo sendo nosso objetivo primordial a apresentação de aspectos tecnológicos de equipamentos e sistemas multiplex, julgamos também conveniente apresentá-los sob o ponto de vista normativo, tanto para fabricação como para operação e manutenção. Em relação a este último ângulo foi introduzido o Cap. 11, especial colaboração do Engº Marcello Peixoto Ribeiro, onde apresenta aspectos de Gerência Técnica das Telecomunicações, que englobam uma descrição das estruturas dos organismos internacionais e nacionais de telecomunicações, e finaliza com a apresentação da organização de operação e manutenção da EMBRATEL.

Com fins de revisão pedagógica foi também introduzido o Cap. 12, que consta de questões programadas, relativas a todos os capítulos anteriores.

Desejamos agradecer o auxílio de inestimável valia dos colegas da EMBRATEL, em particular dos Eng^{os} Paulo Felipe Fucci, Fernando Antonio Santos Beiriz, Alfredo Calvet de Paiva Carvalho e Elisio de Magalhães Junior, pela participação na redação e nas discussões frutíferas sobre o assunto em geral.

O AUTOR

SUMÁRIO

CAP. 1 INTRODUÇÃO, 1

1.1 Comunicações, 1
1.2 Características Preliminares de uma Ligação Telefônica, 1
1.3 Ligação Telefônica Elementar, 5
1.4 Estação Central Telefônica, 7
1.5 Ligação Telefônica Urbana, 9
1.6 Ligação Telefônica Interurbana, 10

CAP. 2 MULTIPLEXAÇÃO, 15

2.1 Modos de Operação de um Meio de Transmissão, 15
2.2 Conceito de Canal e Circuito, 16
2.3 Circuito a 2 Fios e a 4 Fios, 16
2.4 Conceito de Multiplexação, 18
2.5 Tipos de Multiplexação, 20
2.6 Meios de Transmissão Utilizados pelo Multiplex, 21
2.7 Serviços de Telecomunicações, 37

CAP. 3 MULTIPLEXAÇÃO POR DIVISÃO DE FREQÜÊNCIAS, 40

3.1 O que é o CCITT, 40
3.2 Canal Multiplex, 40
3.3 Translação ou Conversão de Freqüências, 42
3.4 Modulação e Demodulação, 43
3.5 Modulação em Amplitude, 44
3.6 Demodulação em Amplitude, 52
3.7 Princípio Básico do Multiplex por Divisão de Freqüência (FDM), 54
3.8 Banda Básica, 55

CAP. 4 UNIDADES DE TRANSMISSÃO, 99

4.1 Necessidade de Unidades Logarítmicas, 99
4.2 Relação de Potências, 99
4.3 Decibel, 100
4.4 dBm, 104
4.5 dBu, 105
4.6 dBr, 106
4.7 dBm0 , 109
4.8 Neper, 111
4.9 Unidades para Medida de Ruído, 115

CAP. 5 SINALIZAÇÃO E PILOTOS DO MULTIPLEX, 117

5.1 Sinalização, 117
5.2 Pilotos, 136
5.3 Estabilidade de Freqüências, 146

CAP. 6 COMPOSIÇÃO DE UMA ESTAÇÃO MULTIPLEX, 148

6.1 Composição de um Sistema Multiplex, 148
6.2 Diagrama de uma Estação Multiplex, 158
6.3 Composição de um Sistema Multiplex Hipotético, 158
6.4 Composição dos Equipamentos da Estação Multiplex da Localidade C, 160
6.5 "Interfaces" de uma Terminal Multiplex, 205
6.6 Roteamento, 211

CAP. 7 CIRCUITOS ELETRÔNICOS TÍPICOS UTILIZADOS PELO MULTIPLEX, 214

7.1 Conceitos Básicos, 214
7.2 Redes de Atenuação ou Atenuadores, 232
7.3 Filtros, 245
7.4 Equalizadores, 275
7.5 Moduladores e Demoduladores, 276
7.6 Dispositivos Híbridos, 286

QUESTIONÁRIO, XVII

Introdução, XVII

I Capítulo 1: Introdução, XVII
II Capítulo 2: Multiplexação, XVIII
III Capítulo 3: Multiplexação por Divisão de Freqüência, XVIII
IV Capítulo 4: Unidade de Transmissão, XX
V Capítulo 5: Sinalização e Pilotos do Multiplex, XXIII
VI Capítulo 6: Composição de uma Estação Multiplex, XXVI
VII Capítulo 7: Circuitos Eletrônicos Típicos Utilizados pelo Multiplex, XXVIII

BIBLIOGRAFIA, XXXIII

(2)

CAP. 8 FATORES DE DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DO SINAL NO SISTEMA MULTIPLEX, 309

8.1 Introdução, 309
8.2 Distorção Linear ou Distorção por Atenuação, 311
8.3 Distorção não Linear, 316
8.4 Distorção por Retardo, 320
8.5 Tremor de Fase ("Phase Jitter"), 325
8.6 Ruído, 327
8.7 Distorção por Variação de Nível, 342
8.8 Distorção por Falta de Sincronismo, 351
8.9 Resíduo ou Escape de Portadora, 354
8.10 Diafonia, 355
8.11 Distorção por Descasamento, 359
8.12 Eco, 362
8.13 Estabilidade das Ligações, 369

CAP. 9 USOS ESPECIAIS DO MULTIPLEX, 372

9.1 Transmissão de Sinais Telegráficos, 372
9.2 Transmissão de Dados, 393
9.3 Transmissão de Sinais de Fac-símile e Fototelegrafia, 419
9.4 Transmissão de Sinais Compostos, 421
9.5 Centro de Áudio, 425
9.6 Canal Programa, 429
9.7 Redes Privadas de Telefonia, 434

CAP. 10 MULTIPLEXAÇÃO POR DIVISÃO DE TEMPO (TDM), 440

10.1 Introdução, 440
10.2 Multiplexação por Divisão de Tempo, 456

10.3 Hierarquia do TDM, 463
10.4 TDM para Sinais de Voz, 467
10.5 TDM para Sinais Telegráficos, 478
10.6 TDM para Sinais de Dados, 485
10.7 TDM Estatístico, 487
10.8 Sistema de Transmissão Digital, 489

CAP. 11 ORGANISMOS NACIONAIS E INTERNACIONAIS EM TELECOMUNICAÇÕES, 493

11.1 Introdução, 493
11.2 Organismos Internacionais, 493
11.3 O Panorama das Telecomunicações no Brasil, 520

CAP. 12 GERÊNCIA DE SISTEMA MULTIPLEX, 535

12.1 Introdução, 535
12.2 Rede Nacional de Transmissão, 535
12.3 Gerência Técnico-Operacional de uma Rede Multiplex, 540
12.4 Gerência de Operação do Sistema Multiplex, 542
12.5 Gerência de Manutenção do Sistema Multiplex, 557

QUESTIONÁRIO, XVII

Introdução, XVII

VIII Capítulo 8: Fatores de Degradação da Qualidade do Sinal no Sistema Multiplex, XVII
IX Capítulo 9: Usos Especiais do Multiplex, XIX
X Capítulo 10: Multiplexação por Divisão de Tempo (TDM), XXI

BIBLIOGRAFIA, XXIV

8

Fatores de Degradação da Qualidade do Sinal no Sistema Multiplex

8.1 – INTRODUÇÃO

A utilização principal de um sistema multiplex é para a transmissão de sinais de voz, cuja qualidade é determinada pelo percentual de inteligibilidade do sistema. Para que a comunicação através de um circuito deste sistema, possa ser efetuada com a máxima qualidade possível, alguns fatores devem ser mantidos dentro de determinados limites. Dentre os fatores que contribuem para a degradação da qualidade da comunicação, abordaremos neste capítulo os seguintes:

- Distorção linear ou por atenuação.
- Distorção não linear.
- Distorção por retardo.
- Tremor de fase ("Phase jitter").
- Ruído.
- Distorção por variação de nível.
- Distorção por falta de sincronismo.
- Escape de portadoras.
- Diafonia.
- Distorção por descasamento.
- Eco.
- Estabilidade.

Muitos dos fatores citados são interdependentes, ou seja, variações em um deles poderá ocasionar variações em outros. Uma piora na qualidade da comunicação causada por qualquer um destes fatores, determina uma diminuição da inteligibilidade, que pode ser simulada, dentro de certos limites, por um aumento de atenuação, cuja determinação é feita por um método especificado pelo CCITT e chamado "AEN do Sistema" ("Affaiblissement Équivalent pour la Netteté" – Equivalente de Referência de Articulação). Antes de descrever este método, é necessário citar algumas definições:

a) *Logatomos:* sílabas isoladas, sem significado e sem correlação entre si, convencionalmente constituídas por um som vogal, precedido e seguido por um som consonantal.

b) *Percentual de articulação de um sistema utilizado para transmissão ou reprodução de voz:* percentagem de logatomos, palavras ou frases, corretamente reconhecidas quando transmitidas através do sistema.

c) Inteligibilidade de um sistema utilizado para transmissão ou reprodução de voz: percentagem de idéias simples corretamente reconhecidas quando se transmite através do sistema uma conversação. A idéia simples pode ser constituída por sílaba, palavra ou frase.

d) SRAEN ("Systéme de Référence pour la Determination des AEN" — Sistema de Referência para Determinação do AEN): conjunto de equipamentos especificados pelo CCITT e que se encontra em seu laboratório, servindo como padrão de referência para determinação de características de articulação de equipamentos de transmissão telefônica.

8.1.1 — Qualidade de Transmissão de um Sistema

Pode-se ter uma idéia aproximada da qualidade de transmissão de um sistema, executando-se provas de articulação, que se realizam da seguinte forma: uma pessoa lê uma lista de logatomos, enquanto quatro pessoas escutam. Cada um dos ouvintes indica o percentual de logatomos inteligível, sendo a média dos quatro computada como o percentual de articulação de logatomos do sistema em teste. Com esta prova pode-se examinar, tanto um circuito completo como, separadamente, as partes que o compõem, tais como, cápsulas transmissoras e receptoras, amplificadores etc.

Analogamente, realizam-se provas de articulação de palavras e frases, determinando-se os percentuais corretamente reconhecidos, que serão maiores que os para logatomos, diferença essa relacionada com diversos fatores do grupo de prova, tais como, estado psíquico, treinamento etc.

Aplicando-se ao sistema valores crescentes de um fator de degradação, o índice de articulação decrescerá e os resultados podem ser registrados sob a forma de uma curva índice de articulação versus fator de degradação.

A Fig. 8.1 apresenta o gráfico dos índices de articulação de logatomos, palavras e frases versus atenuação de um sistema de transmissão qualquer.

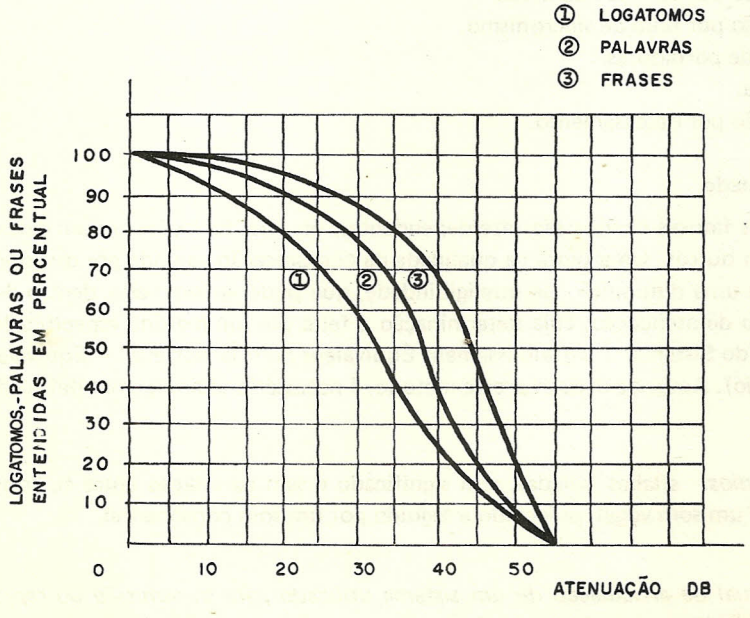


Fig. 8.1 — Articulação versus atenuação de um sistema.

8.1.2 — Determinação do AEN

Se testes de articulação forem realizados sob determinadas condições, alternadamente, no sistema telefônico sob teste e no SRAEN, aplicando-se diversos valores de atenuação entre o transmissor e o receptor de ambos os sistemas, os resultados podem ser registrados sob a forma de curvas *articulação versus atenuação*.

Se A_2 é o valor de atenuação do sistema em teste e A_1 o valor de atenuação do SRAEN, para um percentual de articulação de 80% de ambos os sistemas, o valor $(A_2 - A_1)$ é por definição o equivalente de referência de articulação (AEN) do sistema em teste.

8.2 — DISTORÇÃO LINEAR OU DISTORÇÃO POR ATENUAÇÃO

O projeto de um sistema de comunicações telefônicas deve levar em consideração todos os aspectos do sistema, desde o assinante que emite o som até o ouvinte. Assim sendo, a resposta de freqüência total, desde a pressão do som no microfone, até a pressão do som na cápsula receptora do assinante, deve ser controlada.

Enquanto que a resposta mais natural exigiria que as propriedades fossem aproximadamente uniformes, ao longo de toda a faixa de freqüências audíveis (20 a 20 000 Hz), é muito mais econômico e, em algumas condições, há maior inteligibilidade por causa da redução da distorção não linear e do ruído, se as freqüências do sinal de entrada forem limitadas, como será visto nos próximos itens. Normalmente, o próprio microfone reduz consideravelmente as baixas freqüências. Em geral, uma característica uniforme é desejável na resposta em freqüência, mas a presença de picos é normalmente tolerada e não afeta notadamente a inteligibilidade, apesar da qualidade ser reduzida.

8.2.1 — Determinação da Faixa de Freqüência a Ser Transmitida

Um canal de voz pode ser avaliado em termos de dois parâmetros, inteligibilidade e intensidade, que em conjunto determinam a qualidade de recepção dos sons transmitidos. Estes parâmetros não são interdependentes para uma grande faixa de freqüências, como está indicado na Fig. 8.2.

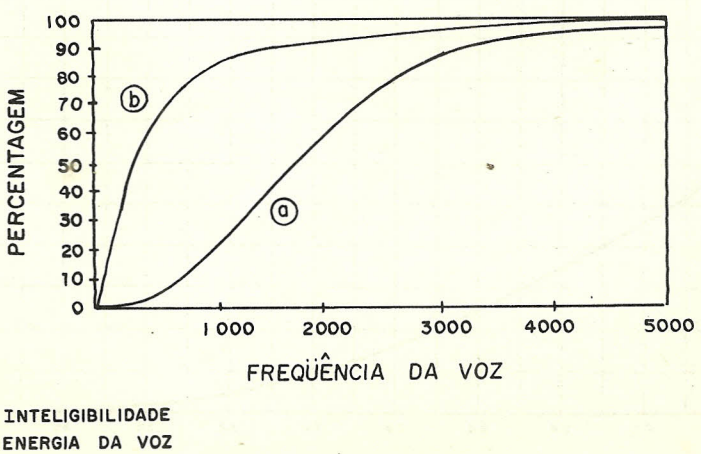


Fig. 8.2 — Percentuais de energia da voz e de inteligibilidade com a faixa de freqüência.

A curva (b) apresenta o percentual de energia da voz de acordo com a faixa de freqüências, indicando que a maior parte desta energia está concentrada nas baixas freqüências. A curva (a) apresenta o percentual de inteligibilidade de acordo com a faixa de freqüências, indicando que a maior da inteligibilidade está nas freqüências altas. Isto significa que qualquer canal deve possuir freqüências altas e baixas, porém alguns compromissos devem ser mantidos devido a uma série de fatores, sendo o mais importante a opinião do usuário.

Inúmeros testes foram realizados para obter a opinião subjetiva do usuário e, como resultado, ficou padronizado pelo CCITT uma faixa de freqüência de 3,1 kHz, de 300 a 3 400 Hz, como a mais indicada para o canal de voz. Deve-se observar que esta especificação para transmissão de voz é muito menos restrita que aquelas usadas para outros tipos de transmissão.

8.2.2 – Prejuízo causado pela Limitação da Faixa

Muitas experiências foram realizadas nos Estados Unidos e nos laboratórios do CCITT, a fim de obter a opinião subjetiva dos usuários quanto ao prejuízo causado na qualidade de transmissão pela limitação da faixa de freqüências.

Estas experiências consistiam em realizar provas de articulação (vide Item 8.1.1), a fim de comparar a qualidade de transmissão através de circuitos em que o fator de degradação era a limitação da freqüência superior da faixa de voz, chamada freqüência de corte superior. Esta freqüência de corte superior era definida como sendo aquela que tivesse uma atenuação de 10 *dB* com relação a atenuação em 1 kHz.

Como resultado destas experiências foi obtida a curva da Fig. 8.3, na qual as freqüências de corte superior estão no eixo horizontal, e o índice de articulação, chamado neste caso de "prejuízo em *dB*", no eixo vertical. Para 100% de articulação teremos 0 *dB* de prejuízo, para 50% de articulação teremos 3 *dB* de prejuízo, para 40% de articulação teremos 4 *dB* de prejuízo etc.

A equação desta curva pode ser expressa por $y = 2(3{,}7 - f)^2\ dB$, onde $y(dB)$ é o prejuízo causado na qualidade de transmissão devido à limitação da freqüência de corte superior f (kHz).

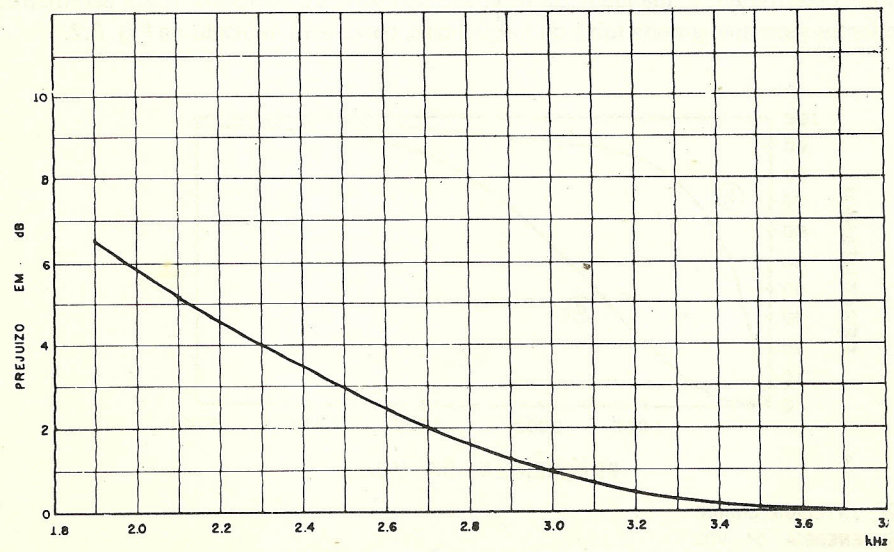


Fig. 8.3 – Prejuízo na qualidade de transmissão devido a limitação da faixa de freqüências.

Exemplo 1:

Calcule o prejuízo na qualidade de transmissão de voz em um circuito que utiliza fônica, cuja explicação será apresentada no Cap. 9, que tem a freqüência de corte superior em 2 700 Hz.

Solução

Aplicando $f = 2{,}7$ kHz na fórmula para cálculo de y, obteremos: $y = 2\,(3{,}7 - 2{,}7)^2 = 2\,dB$ de prejuízo ou seja 63% de articulação no circuito que emprega fônica.

O mesmo resultado pode ser obtido através da Fig. 8.3.

8.2.3 – Distorção por Atenuação

Esta distorção é definida como a variação da atenuação ou ganho com a freqüência, tendo grande importância para transmissão de voz, telegrafia e dados. Uma diferença de atenuação considerável entre freqüências tem como conseqüência uma redução efetiva das freqüências transmitidas, o que provoca, em fonia, uma diminuição da inteligibilidade, como já foi visto anteriormente.

Em telegrafia, esta diferença pode ocasionar a perda dos canais telegráficos extremos, enquanto que para transmissao de dados em alta velocidade, pode ocasionar a total impossibilidade de transmissão.

O GCITT estabelece que a variação da atenuação com a freqüência, relativa à atenuação em 800 Hz, não deve exceder aos limites mostrados abaixo:

a) Para circuitos telefônicos com faixa de 4 kHz, o limite para a curva é dado pela Fig. 8.4, onde a linha contínua indica os limites e a linha tracejada um exemplo da resposta de um circuito.

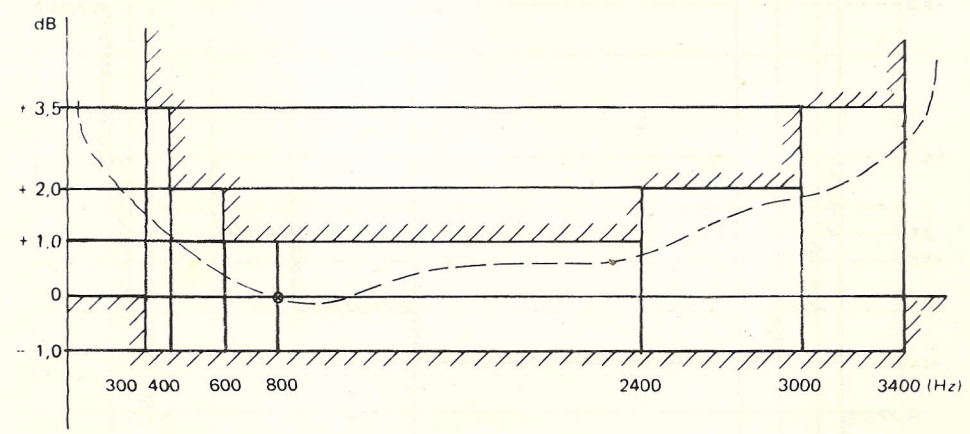


Fig. 8.4 – Limite para distorção por atenuação de circuitos de 4 kHz.

b) Para circuitos telefônicos com a faixa de 3 kHz, o limite para a curva é dado pela Fig. 8.5.

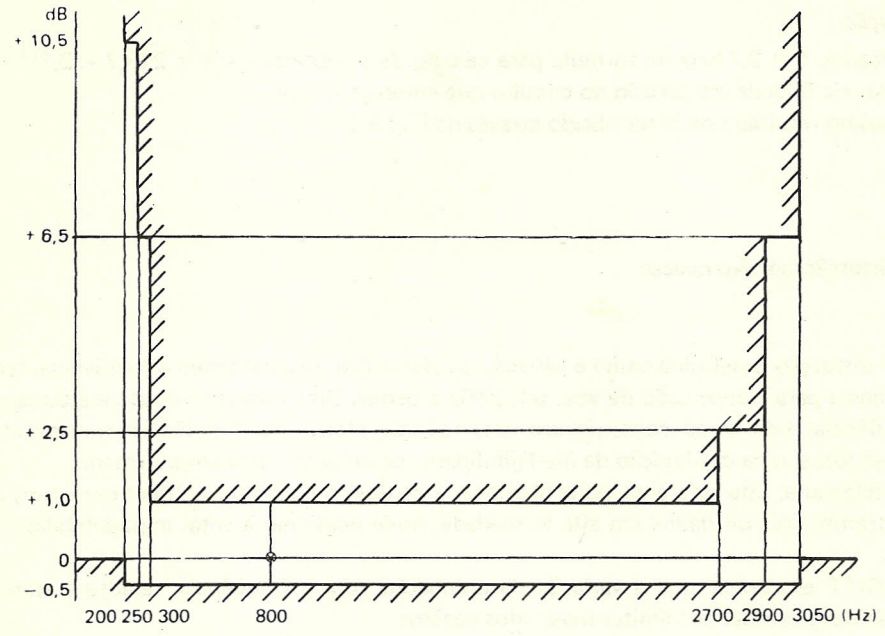


Fig. 8.5 – Limites para distorção por atenuação de circuitos de 3 kHz.

c) Para circuitos com a faixa de 6 kHz, o limite para a curva é dado pela Fig. 8.6.

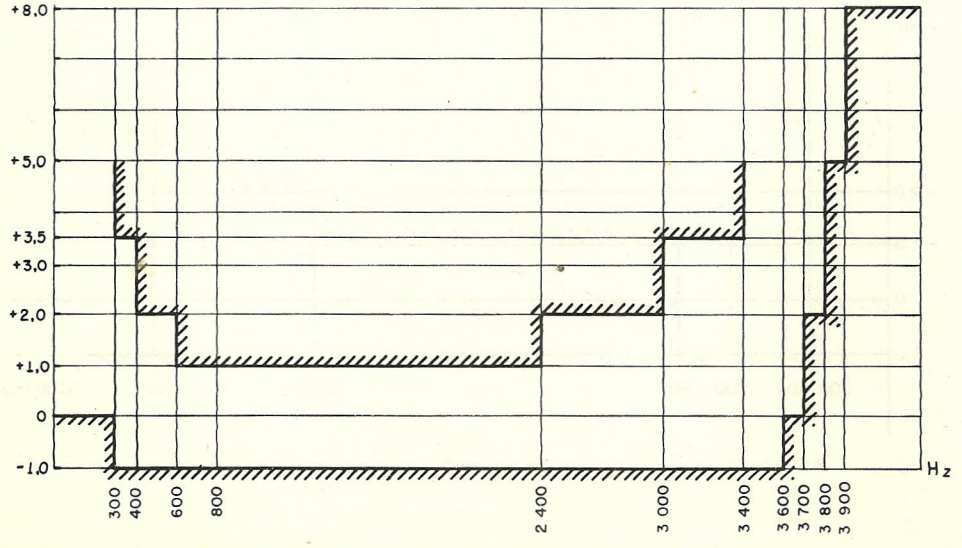


Fig. 8.6 – Limites para distorção por atenuação de circuitos de 6 kHz.

Exemplo 1:

Calcule o prejuízo na qualidade de transmissão de voz em um circuito que utiliza fônica, cuja explicação será apresentada no Cap. 9, que tem a freqüência de corte superior em 2 700 Hz.

Solução

Aplicando $f = 2{,}7$ kHz na fórmula para cálculo de y, obteremos: $y = 2\,(3{,}7 - 2{,}7)^2 = 2\,dB$ de prejuízo ou seja 63% de articulação no circuito que emprega fônica.

O mesmo resultado pode ser obtido através da Fig. 8.3.

8.2.3 – Distorção por Atenuação

Esta distorção é definida como a variação da atenuação ou ganho com a freqüência, tendo grande importância para transmissão de voz, telegrafia e dados. Uma diferença de atenuação considerável entre freqüências tem como conseqüência uma redução efetiva das freqüências transmitidas, o que provoca, em fonia, uma diminuição da inteligibilidade, como já foi visto anteriormente.

Em telegrafia, esta diferença pode ocasionar a perda dos canais telegráficos extremos, enquanto que para transmissao de dados em alta velocidade, pode ocasionar a total impossibilidade de transmissão.

O GCITT estabelece que a variação da atenuação com a freqüência, relativa à atenuação em 800 Hz, não deve exceder aos limites mostrados abaixo:

a) Para circuitos telefônicos com faixa de 4 kHz, o limite para a curva é dado pela Fig. 8.4, onde a linha contínua indica os limites e a linha tracejada um exemplo da resposta de um circuito.

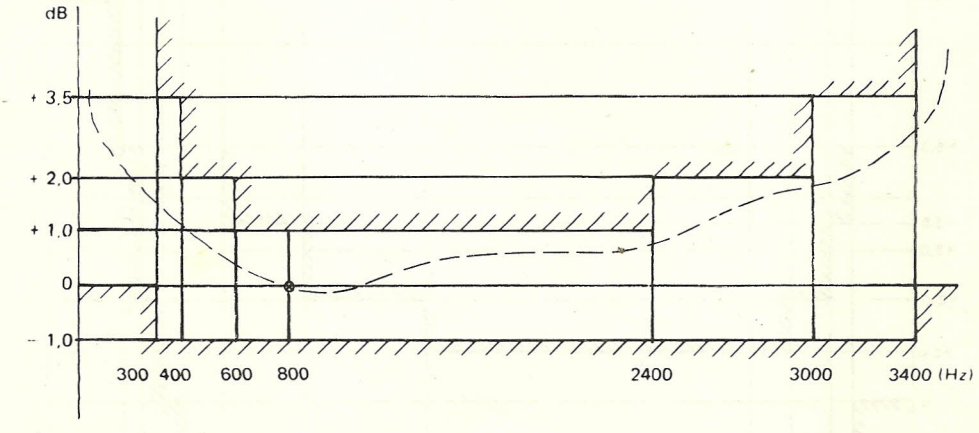


Fig. 8.4 – Limite para distorção por atenuação de circuitos de 4 kHz.

8.2.4 — Medida da Distorção por Atenuação

O CCITT especifica dois processos para medida de atenuação ou ganho de um sistema, os quais se aplicam para obtenção da curva de variação da atenuação com a freqüência de um circuito telefônico:

a) Medida direta

Neste processo, o sistema *N* a ser medido, é inserido entre os dispositivos de transmissão *G* e o conjunto de medida *M* (Fig. 8.7).

O dispositivo de transmissão *G* simula um gerador de tensão constante e freqüência variável, dentro da faixa de *N*, cuja *f.e.m* e impedância são conhecidos, enquanto o conjunto de medida *M* é usado para realizar a medida do nível de potência do sinal recebido na saída de *N*. Tanto o gerador como o medidor devem ser previamente calibrados através de padrões. A diferença entre o nível de potência enviada e recebida é a medida direta da atenuação ou ganho de *N*.

O dispositivo de transmissão e o conjunto de medida devem ser projetados para simularem as impedâncias de entrada e saída de *N*, respectivamente. A Fig. 8.7 representa o caso mais simples e o mais usado, no qual as impedâncias de entrada e saída são iguais.

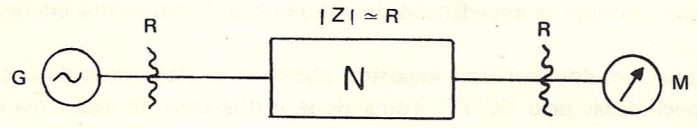


Fig. 8.7 — Medida direta de atenuação.

b) Método de comparação

Neste processo, a saída do dispositivo de transmissão é conectada, através de uma rede divisora, a fim de prover duas saídas, uma das quais é ligada ao sistema a ser testado *N* e a outra ao atenuador calibrado *A*. No lado da recepção, o circuito de medida *M* é usado para comparar o nível do sinal recebido via sistema em teste, ao recebido via atenuador calibrado (Fig. 8.8).

A perda do atenuador *A* é ajustada para que o mesmo nível seja indicado pelo medidor, quando este está comutado para o sistema em teste ou para o atenuador. A atenuação do sistema sob teste é então obtida pelo valor da leitura do atenuador calibrado.

Este processo também pode ser usado para medida de atenuação de circuitos, caso em que as pontas estão distantes. Para isto, é necessário um segundo gerador no lado da recepção do circuito em teste. Do lado de transmissão, o gerador de sinal de teste é ajustado para enviar a freqüência requerida com o nível especificado, para o circuito a ser testado. No lado de recepção, o segundo gerador é usado para enviar ao atenuador calibrado, a mesma freqüência com o mesmo nível da ponta de transmissão. A perda do atenuador *A* é ajustada para que o mesmo nível seja indicado pelo medidor, quando este está comutado para o sistema em teste ou para o atenuador. A atenuação do circuito em teste é então obtida pelo valor da leitura do atenuador calibrado.

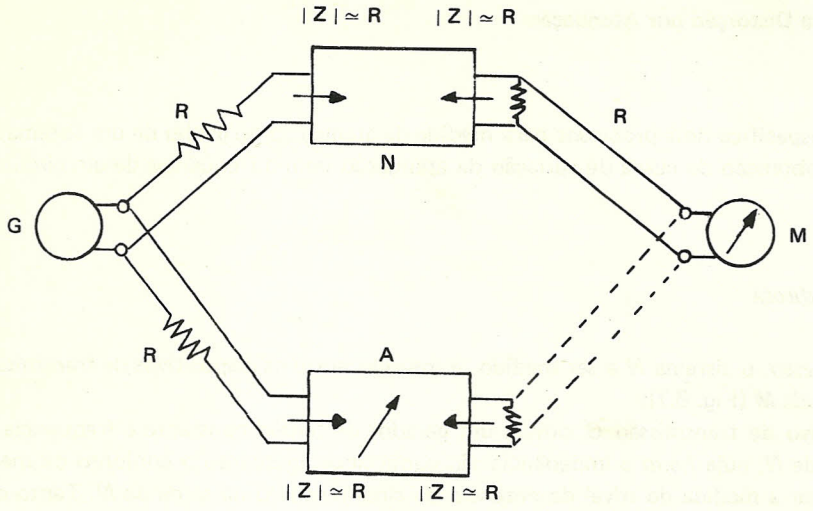


Fig. 8.8 – Medida de atenuação por comparação.

No método de comparação não é necessário o uso de medidores calibrados, devendo estes somente possuir sensibilidade suficiente, pois a precisão da medida é função do atenuador calibrado.

A Fig. 8.8 representa o caso mais simples e o mais comum de medida de atenuação utilizando o processo de comparação, no qual as impedâncias de entrada e saída do sistema em teste e do atenuador são iguais.

Utilizando qualquer um dos processos expostos, obtém-se as atenuações do circuito para as diversas freqüências especificadas pelo CCITT. Tomando-se a diferença de cada uma atenuação com relação aquela em 800 Hz, obtém-se a curva de *distorção por atenuação* ou *resposta em freqüência* de um circuito.

Nos sistemas multiplex a resposta em freqüência dos circuitos deve ser feita nos dois sentidos, isto é, tanto no canal A → B, como no canal B → A.

8.3 – DISTORÇÃO NÃO LINEAR

8.3.1 – Definições

Qualquer alteração na forma de onda de um sinal que passa por estágios amplificadores, trará como conseqüência a distorção da mensagem transmitida. Essa diferença entre o sinal de entrada e o sinal de saída, pode provir de diversas causas básicas.

Sabemos que os valores instantâneos do sinal na saída não serão proporcionais ao sinal de entrada, se a operação do amplificador não ficar limitada à parte reta da curva entrada x saída. Esse é o tipo denominado *distorção não linear* ou *distorção de amplitude* (Fig. 8.9).

Seus efeitos são quase inexistentes em amplificadores para sinais de pequenas amplitudes, operando em classe *A*, uma vez que a operação se limita à região retilínea das curvas características.

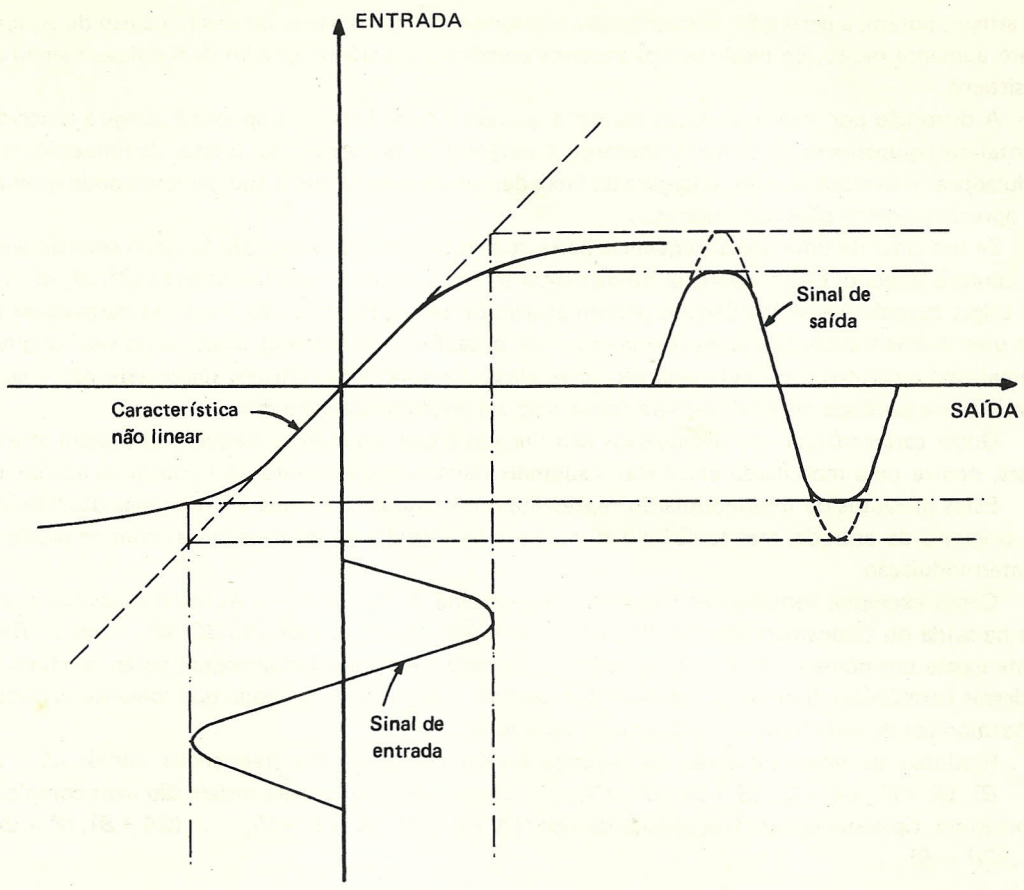


Fig. 8.9 – Distorção não linear.

As distorções provocadas pelas não linearidades, são também chamadas de *distorção harmônica* e *distorção de intermodulação*.

Temos distorção harmônica quando obtemos freqüências múltiplas de uma freqüência original. Por exemplo: injetando-se uma freqüência de 1 kHz na entrada de um sistema, se na saída medirmos a presença de freqüências de 2 kHz, 3 kHz etc., temos distorção harmônica.

A distorção por intermodulação ocorre somente quando temos presentes duas ou mais freqüências originais. Na saída do sistema com distorção não linear obteremos, além das freqüências originais e seus harmônicos, combinações dessas freqüências.

8.3.2 – Distorção não Linear nos Sistemas de Transmissão

Num sistema de transmissão, qualquer equipamento, por melhor que seja, degrada a qualidade do sinal. Amplificadores, moduladores e outros circuitos são, inerentemente, não lineares, isto é, em uma larga faixa de freqüência, a amplitude resultante ou a taxa de desvio de fase não se apresentam uniformes. Algumas técnicas, tais como a realimentação negativa, conseguem melhorar a linearidade

sem atingir, porém, a perfeição. A medida que o desempenho aproxima-se do ideal, o custo do equipamento aumenta muito, de modo que os aspectos econômicos quase sempre limitam o desempenho de um sistema.

A distorção por intermodulação aumenta quando a carga (potência aplicada) atinge a capacidade total do equipamento. Nos amplificadores, a potência de saída pode ser o fator de limitação. Nos moduladores e demoduladores, a largura de faixa determina a carga que o equipamento pode receber, sem apreciáveis distorções não lineares.

Se um sinal de uma única freqüência passa através de um dispositivo não linear, o sinal de saída não conterá somente esta freqüência fundamental (f), mas também suas harmônicas ($2f$, $3f$, $4f$, ... nf). Logo, quando várias freqüências passam através de um dispositivo não linear, as harmônicas de cada uma destas freqüências aparecem no sinal de saída. Essas harmônicas, ausentes no sinal original, caracterizarn a distorção causada pela não linearidade do dispositivo. Quanto maior esta não linearidade, maior a potência do sinal que será convertido em produtos de distorção.

Outra característica dos dispositivos não lineares é que, quando as freqüências passam através desses, ocorre uma modulação entre elas, causando assim o aparecimento de freqüências adicionais.

Estes produtos de intermodulação representam não somente a soma e a diferença das freqüências originais de entrada, mas também a soma e a diferença das várias harmônicas com os produtos de intermodulação.

Como exemplo, tomemos as freqüências de entrada A, B, C etc .... As harmônicas que aparecem na saída do dispositivo são: $2A, 3A, 4A, \ldots nA$; $2B, 3B, 4B, \ldots nB$; $2C, 3C, 4C \ldots nC$ ... Realmente existe um número infinito de harmônicas de cada freqüência fundamental, porém a intensidade dessas harmônicas diminui rapidamente com as ordens superiores, de modo que somente as primeiras harmônicas de cada freqüência têm maior significado.

Produtos de intermodulação de segunda ordem consistem em freqüências como: $(A + B)$, $(A - B)$, $(A + C)$, $(A - C)$, $(B + C)$, $(B - C)$, ... Os produtos de terceira ordem são mais complexos e consistem, tipicamente, em freqüências do tipo: $(A + B + C)$, $(A - B - C)$, ..., $(2A + B)$, $(B - 2A)$, ...; $(2A - B)$ ....

8.3.3 – Medidas da Distorção não Linear

a) Distorção harmônica

A medida da distorção harmônica de um sistema é feita da maneira indicada na Fig. 8.10.

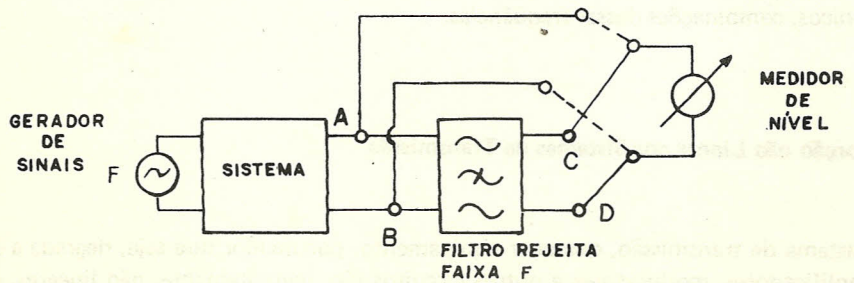


Fig. 8.10 – Medida da distorção harmônica.

Na entrada do sistema injeta-se uma determinada freqüência fixa com o nível nominal. Na saída é conectado um filtro que atenua somente a freqüência injetada.

A distorção harmônica total é a relação entre o nível *NH* (nível das harmônicas) medido entre *C* e *D*, e o nível *NT* (nível total = nível da freqüência *F* + nível das harmônicas) medido nos pontos *A* e *B*.

$$\text{Distorção harmômica total} = DHT = \frac{NH}{NT} .$$

b) Distorção por intermodulação

A medida da distorção por intermodulação de um sistema é feita da maneira indicada na Fig. 8.11.

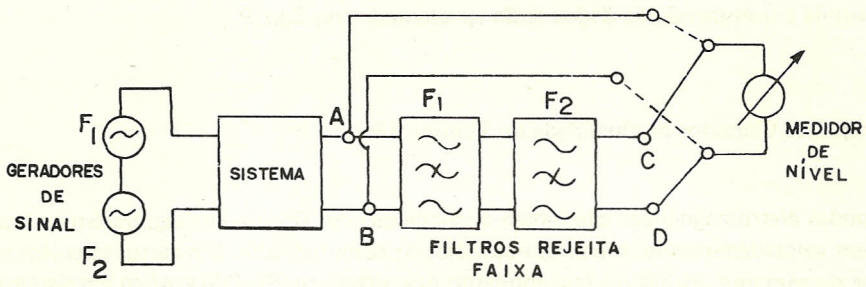


Fig. 8.11 — Medida de distorção por intermodulação.

A distorção por intermodulação total é a relação entre o nível *NI* (nível dos produtos de intermodulação + nível das harmônicas) medido entre *C* e *D*, e o nível *NT* (nível total = nível das freqüências F_1 e F_2 + nível das harmônicas + nível dos produtos de intermodulação) medido entre *A* e *B*.

$$\text{Distorção por intermodulação} = DIT = \frac{NI}{NT} .$$

c) Unidades adotadas

A distorção não linear (harmônica ou por intermodulação) pode ser expressa em percentual:

$$DHT = \frac{NH}{NT} \times 100\% \quad \text{e} \quad DIT = \frac{NI}{NT} \times 100\%$$

ou em *dB*, quando é chamada de *atenuação de distorção harmônica* e de *atenuação de distorção por* intermodulação.

$$A_{DHT} = 20 \log \frac{NH}{NT} \quad \text{e} \quad A_{DIT} = 20 \log \frac{NI}{NT} .$$

8.4 – DISTORÇÃO POR RETARDO

Por muitos anos, a qualidade de um meio de comunicações era avaliada pela sua capacidade em reproduzir, a cada momento, o nível ou amplitude do sinal original. Porém, em 1930, quando se transmitiu pela primeira vez fotos através de cabo, verificou-se que um canal com excelente resposta de amplitude poderia ser inadequado para transmissão de fotos. A causa do problema era a variação das características de fase do meio de transmissão para diversas freqüências, não tendo nenhuma correlação com a resposta de amplitude deste meio.

Desde então surgiram outros serviços de comunicações, igualmente vulneráveis a este tipo de distorção, tais como: facsímile, televisão e transmissão de dados em alta velocidade.

Facsímile e transmissão de dados serão apresentados no Cap. 9.

8.4.1 — Prejuízos Causados na Qualidade de Transmissão

As ondas eletromagnéticas caminham à velocidade de 300 000 km/seg, porém os sinais elétricos trafegam em velocidades muito menores nos meios de comunicações. Em certos circuitos a velocidade chega a ser de somente 25000 km/seg, enquanto que alcançam 250 000 km/seg em sistemas de micro-ondas.

O retardo de um sinal ao passar através de um sistema de comunicações, somente tem importância quando interfere no reconhecimento da informação pelo receptor. Assim, no caso de fonia, o retardo causa pequena interferência, tendo em vista que o ouvido é relativamente insensível à variações de fase, não sendo necessário corrigir retardos em circuitos para fonia, porém facsímile, telegrafia e transmissão de dados são vulneráveis a retardos. Para melhor esclarecer esta vulnerabilidade, daremos um exemplo.

Observação: Como veremos no Cap. 9, o sinal de dados é formado por impulsos elétricos, no qual a existência de um pulso significa a condição *1* e a ausência a condição *0*.

– Num sistema de transmissão de dados em que os pulsos têm a duração de 1 mseg, utilizam-se freqüências de 1 200 e 2 200 Hz para transmitir, respectivamente, as condições *1* e *0*, através de um meio qualquer, conforme a Fig. 8.12.

Considerando o meio de transmissão com comprimento *A* km, que apresenta um retardo de 6,1 mseg para a freqüência de 2 200 Hz e 5,1 mseg para 1 200 Hz, se supusermos a transmissão da condição *1* (tom de 2 200 Hz durante 1 mseg), seguida da condição *0* (tom de 1 200 Hz durante 1 mseg), na recepção as duas freqüências serão recebidas ao mesmo tempo, sendo impossível a identificação das condições *1* ou *0*.

Se considerarmos o meio de transmissão com comprimento *2A* km, as condições *1* e *0* serão recebidas na ordem inversa da que forem transmitidas, ou seja, reprodução errada da informação transmitida.

Pelo que foi explanado, é evidente que o retardo só introduz distorções quando várias freqüências sofrem diferentes retardos, ao serem transmitidas através de um meio qualquer.

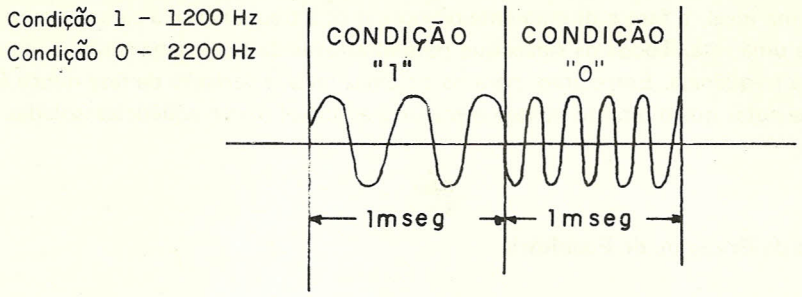


Fig. 8.12 – Transmissão da condição *1* ou *0*.

8.4.2 – Retardo de Fase

Por definição, *freqüência* é a razão da variação da fase com relação ao tempo, ou seja:

$$\omega = \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

onde $\Delta\phi$ é dado em radianos e Δt em segundos.

Desta definição resulta que, quanto maior for a variação de fase de um sinal ao passar através de um meio de comunicação, mais tempo será necessário para ele atravessar este meio, sendo constante a freqüência.

Quando uma freqüência ω_o é transmitida através de um sistema em que se conhece a característica de fase versus freqüência (Fig. 8.13), o *retardo de fase* σ_F é definido como a razão da fase para a freqüência:

$$\sigma_F(\omega_o) = \frac{\text{fase (radianos)}}{\text{freqüência (radianos/seg)}} = \frac{\phi(\omega_o)}{\omega_o} .$$

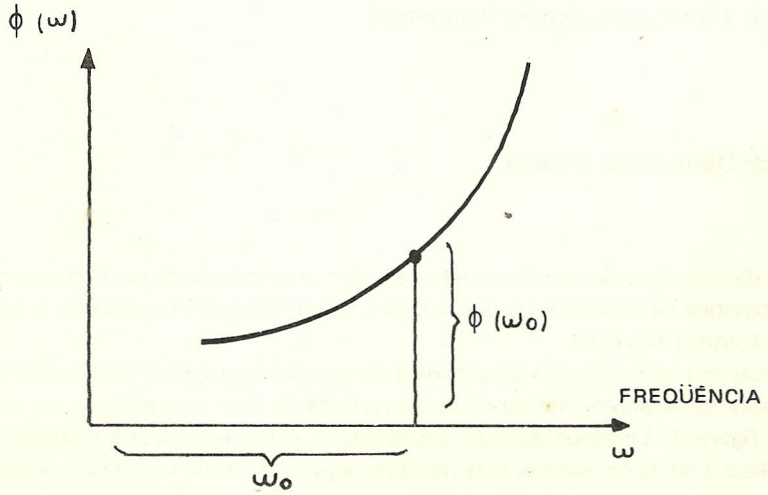


Fig. 8.13 – Característica fase x freqüência.

Num sistema ideal, a fase é diretamente proporcional à freqüência e a característica de fase versus freqüência é uma reta. Todos os sinais que passam através deste sistema terão o mesmo retardo, independente da freqüência. Entretanto, para os sistemas reais, a variação de fase nunca é linear, sendo importante se notar que o retardo de fase somente é aplicável para freqüências isoladas.

8.4.3 – Retardo de Grupo ou de Envoltória

Quando um sinal complexo é transmitido através de um sistema em que se conhece a característica de fase versus freqüência (Fig. 8.13), o *retardo de grupo* ou de *envoltória* σ_g é definido como a razão de variação de fase para a variação de freqüência componente do sinal complexo. Fisicamente representa a inclinação da curva da Fig. 8.13 para cada freqüência e, matematicamente pode ser calculada diferenciando-se a fase com relação à freqüência:

$$\sigma_g = \frac{d\phi}{d\omega}$$

Como praticamente todas as formas de comunicações empregam sinais que necessitam de uma faixa de freqüências para serem transmitidas, o retardo de grupo é a forma de retardo de maior importância. Geralmente, só o *retardo de grupo relativo* é de importância, visto que somente as diferenças de retardo causam distorção no sinal recebido. O retardo absoluto só tem importância quando sinais, ou parte destes, são transmitidos por rotas diferentes, devendo chegar ao mesmo ponto.

8.4.4 – Distorção de Retardo

É a forma de distorção que ocorre quando o retardo de grupo de um circuito ou sistema não é constante em toda a faixa de freqüências transmitida.

8.4.5 – Medida de Distorção de Retardo

A medida da distorção de retardo de um meio de transmissão consiste, basicamente, no levantamento da característica de retardo de grupo relativo, estando os limites para esta curva estabelecidos pelo CCITT, conforme a Fig. 8.14.

Existem duas técnicas utilizadas para medida de retardo de grupo em circuitos de comunicações. A primeira consiste no levantamento da curva de variação de fase utilizando-se um medidor de fase, ou por meio da figura de Lissajous com um osciloscópio. Após, calcula-se a inclinação ponto a ponto, a fim de se obter a curva de retardo. Este método exige medidas de freqüência precisas e necessidade de que ambos os terminais do circuito estejam no mesmo ponto. Sua aplicação é restrita à laboratórios.

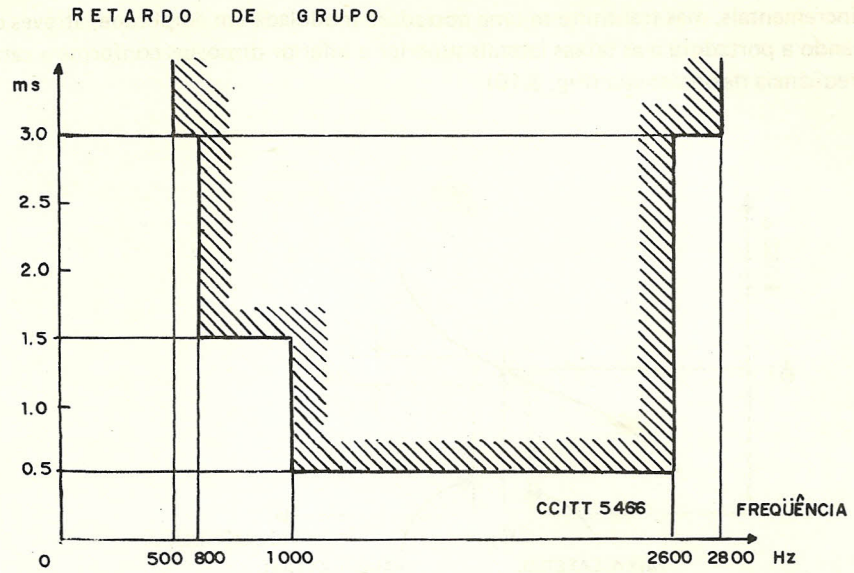


Fig. 8.14 – Retardo de grupo relativo ao mínimo retardo de grupo medido na faixa de 500-2 800 Hz.

A segunda técnica consiste na medida do retardo de grupo relativo, a fim de levantar a curva característica de distorção do sistema em teste. O princípio desta medida se baseia no fato de que a inclinação de uma curva qualquer, num ponto *P* da mesma, pode ser determinada, com boa aproximação, pelo quociente *dy/dx* (Fig. 8.15).

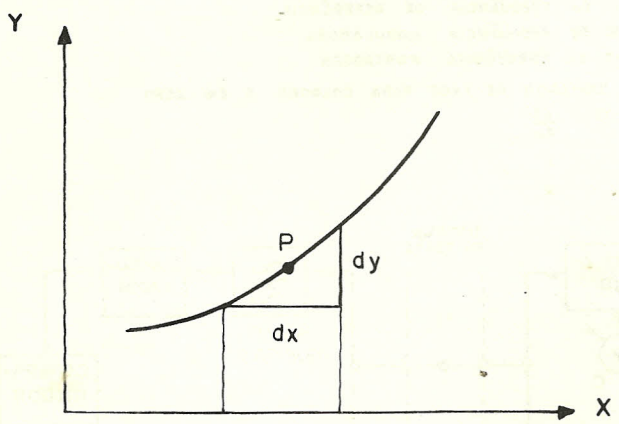


Fig. 8.15 – Inclinação de uma curva.

Dessa maneira, se quisermos determinar o retardo de grupo para uma freqüência, podemos considerar como inclinação no ponto específico, a razão da variação de fase para duas freqüências próximas. O grau de precisão desta medida depende do valor incremental destas duas freqüências, isto quer dizer, quanto menor o espaço entre elas, mais precisão tem a medida. Praticamente, não se utilizam

freqüências incrementais, mas transmite-se uma portadora modulada em amplitude, através do sistema em teste, ficando a portadora e as faixas laterais superior e inferior dispostas conforme a característica fase versus freqüência desse sistema (Fig. 8.16).

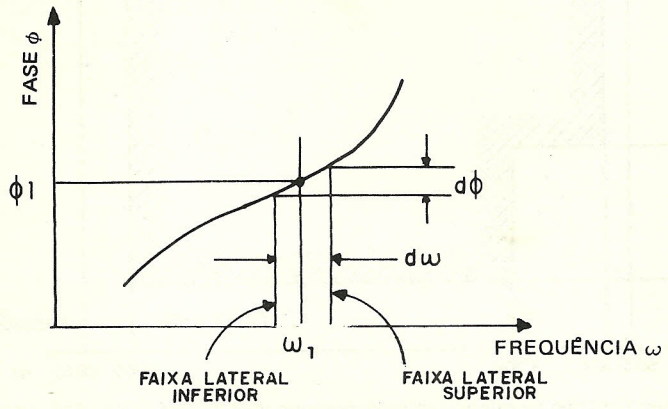


Fig. 8.16 – Retardo de grupo.

O retardo de grupo ou inclinação para ω_1 será a razão $\frac{d\phi}{d\omega}$, e a medida será tanto mais precisa quanto menor for a freqüência modulante.

R – OSCILADOR DA FREQÜÊNCIA DE REFERÊNCIA
P – OSCILADOR DE FREQÜÊNCIA MODULADORA
C – OSCILADOR DA FREQÜÊNCIA PORTADORA
φ – CIRCUITO VARIADOR DE FASE PARA COLOCAR R EM ZERO
μ – MEDIDOR DE $\frac{d\phi}{d\omega}$

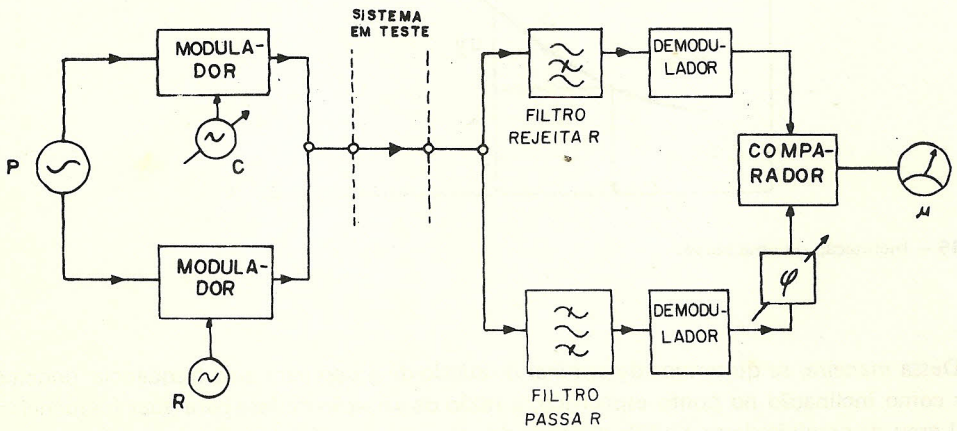


Fig. 8.17 – Medida de retardo de grupo.

O CCITT especifica o diagrama em blocos da Fig. 8.17 para o equipamento de medida de retardo de grupo relativo, visto que só interessa medida de retardo em relação a uma freqüência, tendo pouca valia o retardo absoluto.

A medida é feita da seguinte maneira:

– Inicialmente, faz-se a calibração do equipamento, enviando somente o sinal P modulando a freqüência R de referência, e ajustando o defasador φ para que se tenha uma leitura zero no medidor μ.

– Por intermédio do oscilador C, faz-se a varredura da faixa de freqüências desejada, obtendo-se as diferenças de retardo com relação à R, valores estes que poderão ser positivos (maior retardo) ou negativos (menor retardo). Com estes dados é possível a construção da curva de retardo de grupo relativo do sistema testado.

8.5 – TREMOR DE FASE ("PHASE JITTER")

Do mesmo modo que a distorção por retardo apresentada em 8.4, o tremor de fase (*phase jitter*) é um fator que praticamente não causa interferência para fonia. Porém, para os serviços de comunicações que empregam modulação em fase, como é o caso de transmissão de dados, este fator pode tornar o sistema de comunicações inadequado para aquele serviço.

8.5.1 – Causas do Tremor de Fase

Vamos inicialmente verificar como se apresenta este fenômeno num sistema multiplex. Para tal, consideramos um gerador de sinais injetando um tom de áudio com freqüência F, num canal multiplex de um sistema que apresenta tremor de fase. Se ligarmos um osciloscópio na recepção desse canal multiplex, na estação distante, como mostra a Fig. 8.18, verificaremos a existência do tom de teste com a freqüência F, porém ocorrendo, aleatoriamente, variações abruptas de fase, como mostra a figura. Tem-se a impressão de que o osciloscópio está perdendo o sincronismo, ou que a freqüência F é uma portadora que está sendo modulada em fase, isto é, tem sua fase variada.

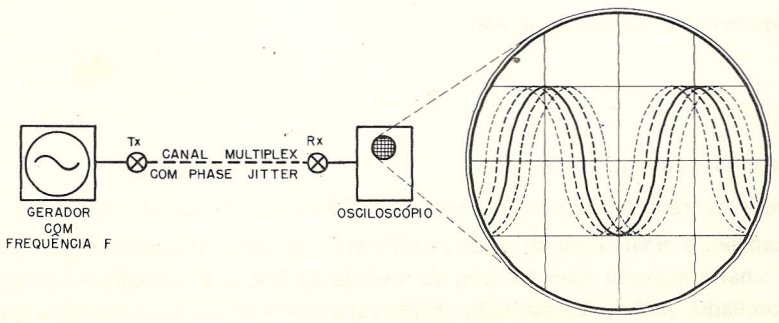


Fig. 8.18 – Tremor de fase (*phase jitter*).

O tremor de fase que ocorre no multiplex é causado principalmente pela corrente de toque (20, ou 25, ou 50 Hz) ou pela energia *CA* (60 Hz e suas harmônicas até a quinta) de alimentação dos equipamentos. Estes sinais interferentes modulam em fase as portadoras do multiplex que, ao fazerem a translação dos sinais injetados nos canais multiplex, transferirão esta variação de fase, aparecendo deste modo tremor de fase (*phase jitter*) como mostramos na Fig. 8.18.

8.5.2 — Medida de Tremor de Fase

O CCITT especifica o diagrama em blocos da Fig. 8.19 para o equipamento de medida do tremor de fase.

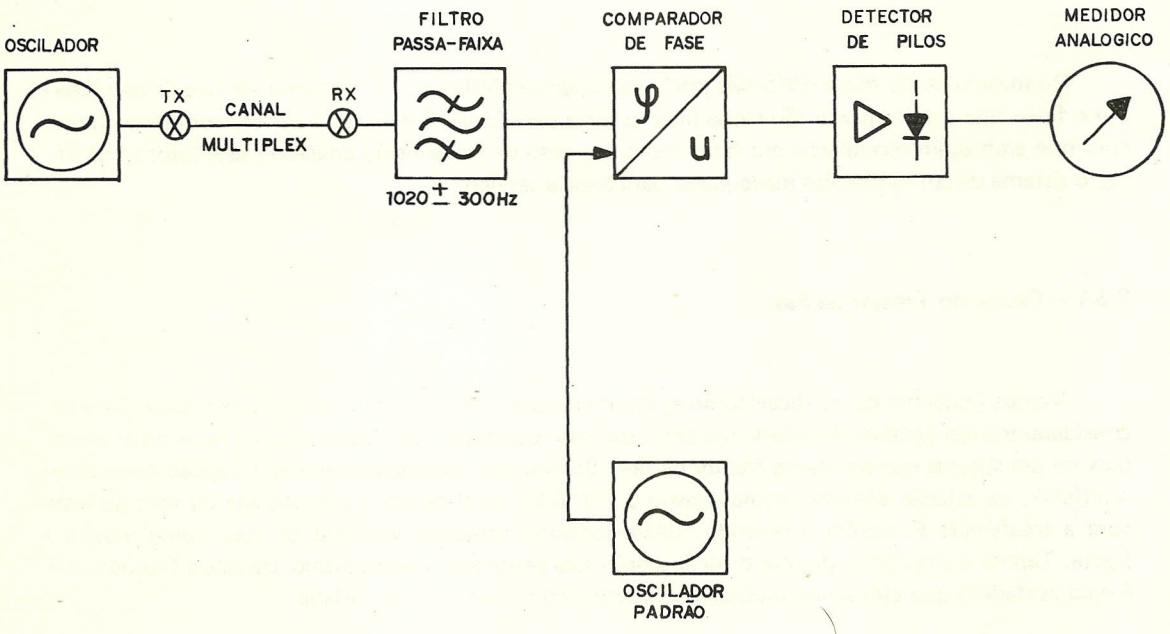


Fig. 8.19 — Medida de tremor de fase (*phase jitter*).

A medida é feita da seguinte maneira:

— O gerador na transmissão envia um tom de 1 020 Hz através do canal sob teste.

— Na recepção, o sinal recebido passa inicialmente por um filtro a fim de eliminar o ruído presente. Após, o sinal é injetado num circuito de medida de fase que compara a fase do sinal recebido com a de um oscilador padrão. O resultado obtido vai a um detector de picos, visto que o *phase jitter* é aleatório e só nos interessa o máximo valor ocorrido. A saída do detector está conectada a um medidor analógico, que tem uma escala calibrada de 0 a 30°, onde obtém-se a leitura do *phase jitter.*

8.6 – RUÍDO

Em telecomunicações dá-se o nome genérico de *ruído* a toda perturbação interferente, quer seja gerada ou não no equipamento de comunicação. É um dos fatores prejudiciais mais difícil de ser superado e sua presença inevitável, limita a utilização dos meios de comunicação, em função do seu nível. A Fig. 8.20 apresenta um gráfico, baseado no levantamento em diversos sistemas, do percentual de inteligibilidade em função da relação sinal-ruído (S/R), onde podemos constatar que, num sistema de comunicação, quanto mais baixa a relação entre o nível da informação recebida e o nível de ruído, menor será a inteligibilidade.

O ruído que se apresenta num sistema de comunicações é constituído pelos *ruídos de intermodulação* e *residual*.

No ruído residual enquadram-se todos os ruídos diferentes do de intermodulação, tais como o *ruído térmico* e o *ruído impulsivo*, originado no próprio sistema ou de outros. O ruído residual está presente no sistema mesmo sem carga, portanto, seu valor independe do tráfego.

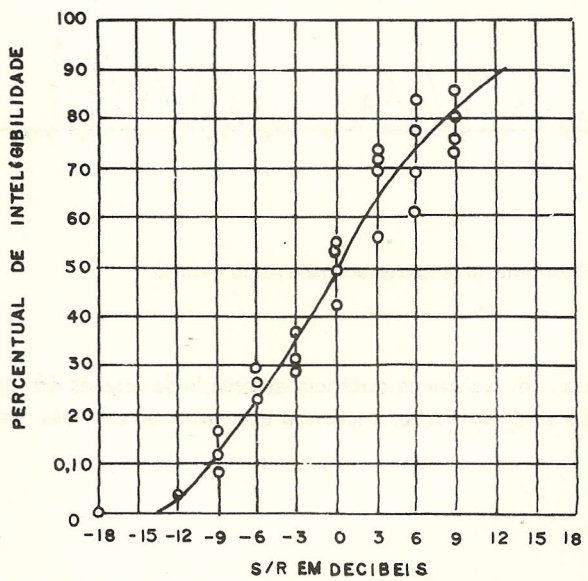


Fig. 8.20 – Percentual de articulação versus relação S/R.

O ruído total presente num circuito telefônico é composto de duas parcelas, uma referente aos equipamentos multiplex e outra devida ao meio de comunicação utilizado (rádio, cabo coaxial etc.). Neste capítulo iremos somente apresentar o ruído referente ao equipamento multiplex, porém indicaremos como é feito o cálculo do ruído total de um circuito telefônico.

8.6.1 – Ruído Residual

Para os sistemas multiplex, o ruído residual é, basicamente, composto pelo ruído térmico e pelo ruído impulsivo.

a) Ruído térmico

O ruído térmico é gerado nos componentes dos circuitos eletrônicos (resistores, semicondutores, válvulas etc.) pelo movimento dos elétrons livres desses componentes. Este movimento é devido à energia térmica existente nos componentes, que é proporcional à temperatura absoluta dos mesmos. Teoricamente, para a temperatura *zero absoluto* (0° Kelvin ou – 273°C), não teremos movimento espontâneo dos elétrons livres e, em conseqüência, nenhum ruído térmico.

Devido às colisões com a estrutura molecular, os elétrons livres têm um movimento aleatório, não apresentando uma direção certa, o que faz com que a corrente ou a tensão gerada por este movimento através do componente, tenha um valor médio nulo ao longo do tempo. Porém, se observarmos o fenômeno num pequeno intervalo de tempo, teremos uma pequena componente instantânea da corrente ou tensão resultante deste movimento eletrônico (Fig. 8.21).

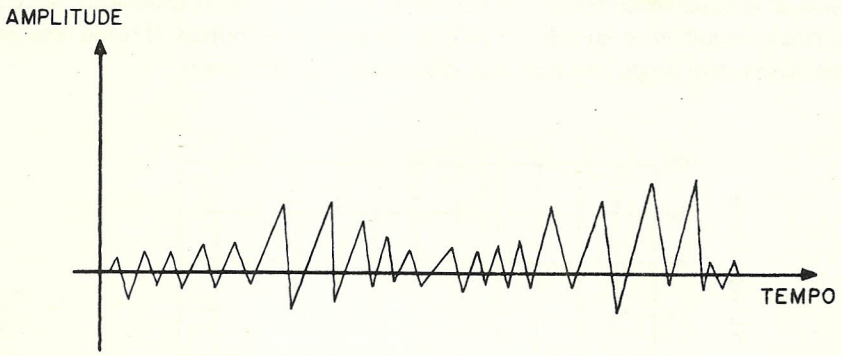


Fig. 8.21 – Variações da corrente ou tensão gerada pelo ruído térmico.

Se considerarmos um resistor, a potência desenvolvida através do mesmo pelo movimento dos elétrons, também não será constante, oscilando em torno de um valor médio em função do tempo (Fig. 8.22).

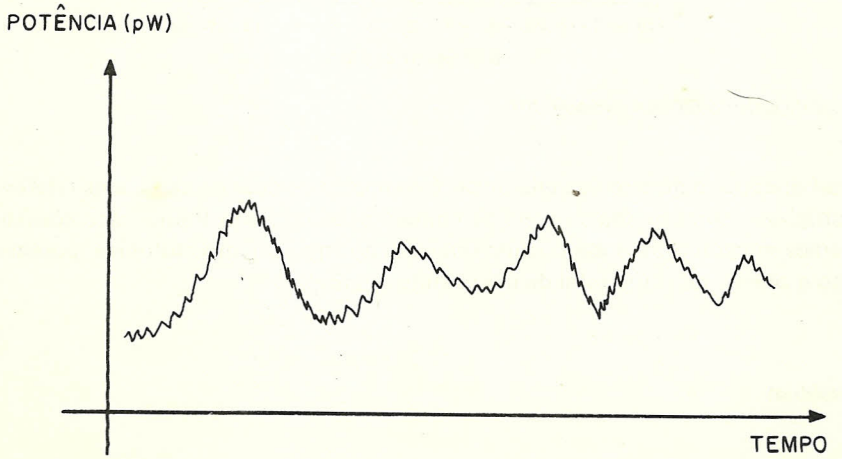


Fig. 8.22 – Potência do ruído térmico de um resistor em função do tempo.

Não é difícil entender que um sinal de natureza aleatória, como o da Fig. 8.21, possui um espectro de freqüências muito largo, estendendo-se até 100 000 GHz. Assim, se quisermos representar a distribuição de potência do ruído térmico em função da freqüência, este terá a forma da Fig. 8.23.

Pela figura, observamos que podemos considerar a distribuição como sendo plana até freqüências de 10 000 GHz, que é a faixa que interessa às Telecomunicações. Assim, esta distribuição só dependerá da temperatura e do valor do resistor, sendo que por unidade de faixa é expressa por:

$P = 4$ KTR Watts/Hertz

onde

T = temperatura em graus Kelvin

R = valor do resistor em Ohms

K = constante de Boltzman = $1{,}38 \times 10^{-23}$ Joules/°Kelvin.

Por esta distribuição concluímos que, para qualquer componente, quanto maior for a banda passante, maior será a influência do ruído térmico, já que este ocupa toda a banda em que se trabalha. Dessa forma considera-se que o ruído térmico apresenta uma distribuição de potência constante, isto é, contém todas as componentes de freqüência com o mesmo valor. Por esta razão é também chamado de *ruído branco*, devido à analogia com a cor branca que contém todas as freqüências do espectro visível.

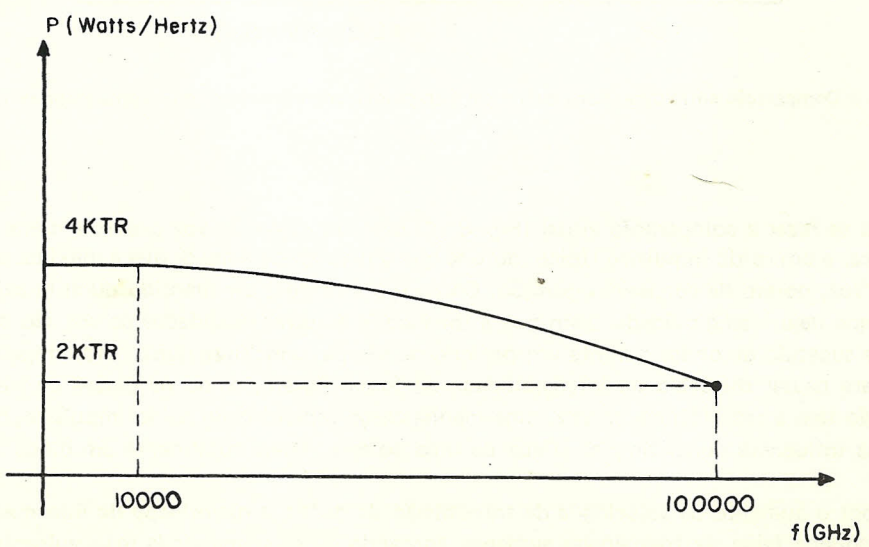


Fig. 8.23 – Distribuição da potência de ruído térmico de um resistor em função da freqüência.

Por exemplo, se quisermos calcular a potência de ruído térmico gerada por um resistor R (2 200 Ω) de um amplificador de supergrupo mestre (banda de freqüências $B = 4$ MHz), que funciona a temperatura de 27°C, devemos multiplicar o valor da distribuição de potência por unidade de freqüência (4 KTR) pela banda passante B:

$P_R = 4\,KTR$

$P_R = 4 \times (1{,}38 \times 10^{-23}) \times (273 + 27) \times (2\,200) \times (4 \times 10^6)$

$P_R \simeq 150pW$ (picowatts)

b) Ruído impulsivo

O tipo de interferência conhecido como *ruído impulsivo*, tornou-se importante com o advento das técnicas de comunicações digitais. Ao contrário do ruído térmico, o impulsivo é esporádico e ocorre em manifestações repentinas, consistindo de impulsos discretos que ocorrem nos circuitos como resultado de diversas causas. Alguns tipos de ruído impulsivo são naturais, sendo causados por descargas atmosféricas, auroras boreais e explosões solares, porém a maior parte desses ruídos é originada pelo homem, tais como: ignições automotivas, linhas de transmissão elétrica e respectivos chaveamentos etc. Os próprios equipamentos de comunicação são grandes fontes de ruído impulsivo, principalmente, a discagem e os impulsos de comutação.

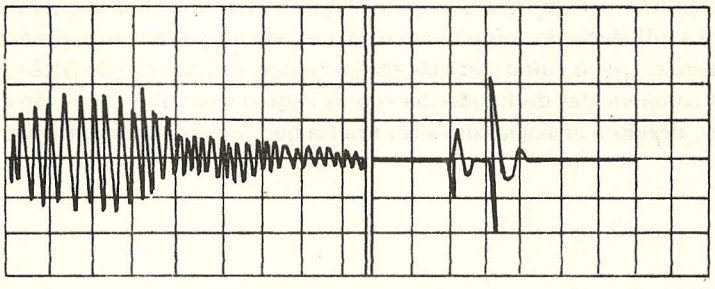


Fig. 8.24 – Comparação entre uma sílaba cujo nível é aproximadamente – 20 *dBmO* e uma amostra de ruído impulsivo.

Ao se fazer a comparação visual (Fig. 8.24) entre um sinal de voz presente numa conversação telefônica, e um ruído impulsivo típico, nota-se que o nível deste é maior que a máxima amplitude do sinal de voz, porém de curtíssima duração. Como um som deve ser mantido durante algum tempo a fim de que haja inteligibilidade, visto que a tonalidade e outras qualidades da voz são determinadas por uma sucessão de ondas durante um período de tempo, conclui-se que o ruído impulsivo é muito breve para causar distúrbio na inteligibilidade de fonia. Porém, como os pulsos de transmissão de dados não têm a redundância da voz, uma manifestação repentina de ruído impulsivo, que não teria nenhuma influência numa simples sílaba de uma palavra, altera totalmente um bloco completo de dados.

Com o aumento da velocidade de transmissão de dados, a quantidade de informações contida numa pequena faixa de freqüências aumenta, tornando este sistema ainda mais vulnerável ao ruído impulsivo. Mesmo quando a duração do pulso de ruído é menor que o pulso de dados, ele pode causar séria interferência fazendo filtros e elementos sintonizados oscilarem.

8.6.2 – Ruído de Intermodulação

Como já vimos no Item 8.3, ao injetarmos duas freqüências num sistema de transmissão obtemos, além dos sinais originais, outras freqüências chamadas *produtos de intermodulação*.

Em sistemas de transmissão de alta capacidade, os sinais não são simples freqüências devido à sua limitada capacidade de informação. Invariavelmente, a informação é formada por um sinal complexo, como os produzidos por telegrafia de alta velocidade, conversa ou música. O número de freqüências individuais, em tais sinais, é muito grande.

Em sistemas multiplex, quando muitos canais são transmitidos ao mesmo tempo, o número de freqüências individuais é maior ainda e, em tais circunstâncias, os produtos de intermodulação são tantos e tão dispersos, que parecem ruído branco. Porém, o seu nível varia de instante a instante, conforme o número de canais que estiverem ocupados e a potência da informação em cada canal.

O ruído de intermodulação é pois dependente da carga aplicada ao sistema, portanto, seu valor varia com o tráfego.

8.6.3 – Medidas de Ruído

Com relação à informação transmitida por um sistema, o que mais interessa não é determinar a potência do ruído, mas sim a perturbação que o mesmo causa na inteligibilidade da informação recebida. Deste modo, foram estabelecidos dois padrões para determinar a interferência do ruído: um para os ruídos térmicos e de intermodulação e o outro para ruído impulsivo.

I) *Medida de ruídos térmico e de intermodulação (padrão CCITT)*

a) Psofômetro

Vejamos como é feita a medida da perturbação que os ruídos térmicos e de intermodulação causam numa conversação telefônica.

Para esse fim utiliza-se um medidor chamado *psofômetro*, que consiste, basicamente, de um voltímetro idêntico aos utilizados para medida de nível de potência, que foram apresentados no Cap. 4, e de uma *rede de ponderação psofométrica* inserida entre o ponto de medida e o voltímetro. Esta rede, que é um equalizador, tem a finalidade de simular as características de resposta em freqüência do conjunto formado pelo *ouvido humano médio* e pelo *telefone padrão* do CCITT, pois como já vimos no Cap. 1, tanto o ouvido humano como as cápsulas transmissora e receptora de um telefone não têm uma resposta plana no espectro de freqüência de voz.

Vejamos como é determinada a curva característica freqüência x atenuação da rede de ponderação psofométrica:

– Num circuito que emprega um telefone padrão do CCITT, um ouvinte compara a audição de um tom de referência de 800 Hz com a de outra freqüência, sendo ambos transmitidos com o mesmo nível. O ouvinte varia o nível desta última freqüência, até que perceba o mesmo grau de audição que o de 800 Hz. Esta diferença em *dB* representa, para o conjunto ouvido e telefone, a variação da resposta entre a freqüência de 800 Hz e a freqüência testada.

— Realizando este mesmo teste para diferentes freqüências do espectro de voz e para diversos ouvintes, é possível construir uma curva mostrando os efeitos relativos de diferentes freqüências para o conjunto ouvido médio e telefone padrão (Fig. 8.25).

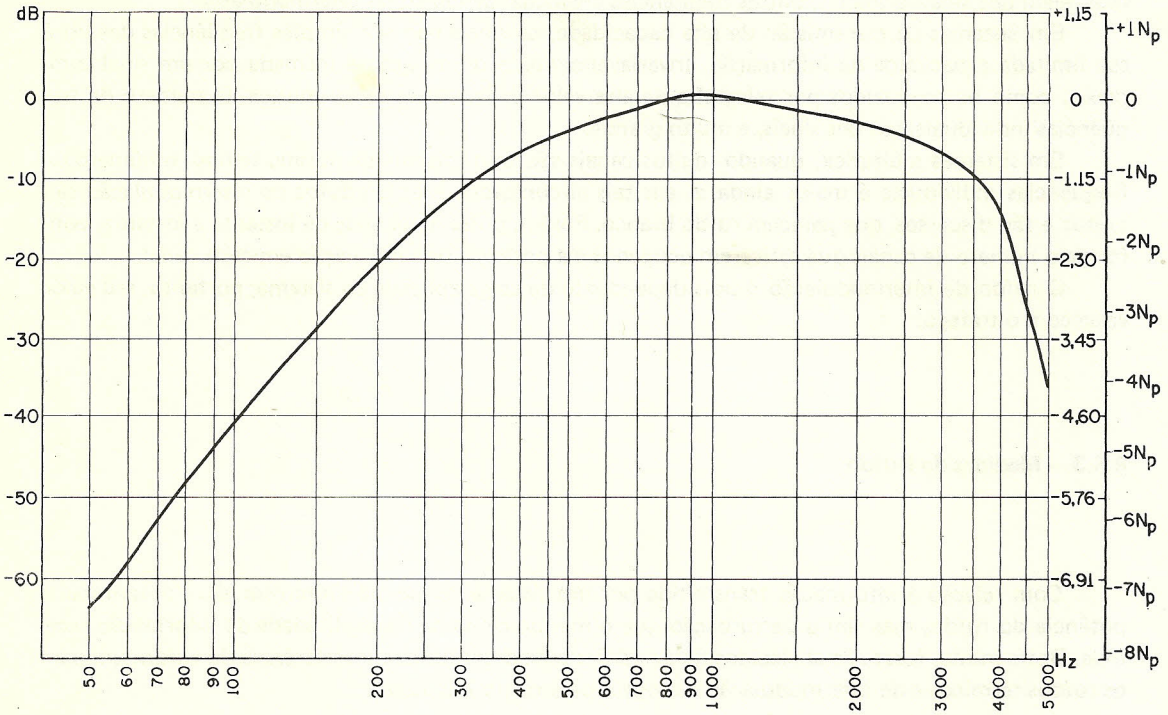


Fig. 8.25 — Curva característica da rede de ponderação psofométrica.

b) Fator de ponderação

Se considerarmos a medida de ruído numa faixa de voz de 3,1 kHz, utilizando-se um medidor de potência sem a rede de ponderação psofométrica, a leitura indicada por este instrumento estará 2,5 *dB* acima daquela leitura quando se usa a referida rede. Esta diferença é chamada de *fator de ponderação* (*FP*) para uma faixa de freqüências (*B*) de 3,1 kHz. Para qualquer outra faixa, este fator é calculado por:

$$FP = (2{,}5 + 10 \log \frac{B}{3{,}1})\ dB$$

Exemplo 2:

Calcule para o canal multiplex de 3 kHz, cuja faixa de voz é de 2,85 kHz, o fator de ponderação.

Solução

$$FP = 2{,}5 + 10 \log \frac{2{,}85}{3{,}1} = 2{,}13 dB.$$

Isto é, medindo-se com um medidor de potência sem filtro psofométrico, teríamos que subtrair de sua leitura 2,13*dB* para obter o valor psofométrico numa faixa de 2,85kHz.

Exemplo 3:

Calcule para o canal multiplex de 6 kHz, cuja faixa de voz é de 3,6 kHz, o fator de ponderação.

Solução

$$FP = 2{,}5 + 10 \log \frac{3{,}6}{3{,}1} = 3{,}15dB.$$

c) Unidades para medida de ruído

Como a medida de ruído é uma medida de potência, as unidades apresentadas no Cap. 4 também são utilizadas para o ruído, somente com a diferença da ponderação psofométrica. Assim:

*c.*1) Como vimos no Cap. 4, para potência absoluta de um sinal utilizamos *dBm* ou *pW*. Por analogia, para potência absoluta de ruído utilizamos *dBmp* (*dBm* psofometricamente ponderado) ou *pWp* (*pW* psofometricamente ponderado).

Exemplo 4:

Calcule 2 000 *pWp* em *dBmp*.

Solução

Como 2 000*pWp* = 1 000*pWp* x 2, temos:

– da Fig. 4.3 (Cap. 4)

1 000 *pWp* corresponde a – 60*dBmp*

– da Fig. 4.2 (Cap. 4)

multiplicar por 2 corresponde somar + 3*dB*

logo 2 000*pWp* – 57*dBmp*

*c.*2) Como vimos no Cap. 4, para potência absoluta de um sinal no ponto de nível relativo zero, utilizamos *dBmO* ou *pWO*. Por analogia, para potência absoluta de ruído no ponto de nível relativo zero, utilizamos *dBmOp* (*dBmO* psofometricamente ponderado) ou *pWOp* (*pWO* psofometricamente ponderado).

Exemplo 5:

Calcule o ruído em *pW* no ponto de nível relativo zero, sabendo que no ponto de – 2,5*dBr* obteve-se no psofômetro uma leitura de – 57,5*dBmp*.

Solução

Se no ponto (O *dBr* – 2,5*dBr*) o ruído é – 57,5*dBmp*, em O *dBr* o ruído será:

– 57,5*dBmp* – (– 2,5*dB*) = – 55*dBmp* ou – 55*dBmOp*

Como $-55dBmp = (-50dBmp - 5dB)$, temos:

– da Fig. 4.3 (Cap. 4)

$-50dBmp$ corresponde a $10\,000pWp$

– da Fig. 4.2 (Cap. 4)

subtrair $5dB$ equivale a dividir por 3,2 → $-55dBmp = \frac{10\,000}{3,2} =$

$= 3125pWp$ ou $3125pWOp$

c.3) Costuma-se também indicar o ruído pela razão entre o nível relativo no ponto de teste, considerando este valor como potência absoluta, e o nível de ruído medido neste ponto (relação sinal/ /ruído → *S/R*). Como esta é uma relação entre potências absolutas, a unidade será *dB*.

Exemplo 6:

Se o ruído medido num ponto de nível relativo $-7,5dBr$ é $-57,5dBmp$, qual é a relação *S/R* ?

Solução

$$S/R = -7,5 - (-57,5) = 50dB$$

II) *Medida de ruídos térmicos e de intermodulação (padrão Americano)*

a) Medidor de ruído

Nos Estados Unidos utilizam-se medidores de ruído semelhantes ao psofômetro que, entretanto, possuem redes de ponderação diferentes daquela do CCITT.

Naquele país são utilizados três tipos diferentes de rede de ponderação, cada uma obtida a partir de um determinado modelo de telefone adotado como padrão:

– O primeiro telefone padronizado foi o denominado *tipo 144*, que originou a rede de ponderação empregada no instrumento chamado medidor de ruído nº 2*A*.

– Posteriormente, foi desenvolvido um telefone com melhores características, denominado *tipo 300*, que originou a rede de ponderação chamada *F1A*, empregada no medidor de ruído nº 2*B*.

– Finalmente, foi aperfeiçoado o telefone denominado *tipo 500*, atualmente em uso naquele país, que originou a rede de ponderação chamada *C - Message*, empregada no medidor de ruído nº 3*A*.

Estas características de ponderação estão apresentadas na Fig. 8.26, juntamente com a curva de ponderação psofométrica do CCITT.

Como podemos observar, a curva característica devida ao telefone tipo 144 é a pior de todas, estando este modelo de telefone praticamente abandonado, somente sendo citado como referência.

Quanto a curva característica da rede de ponderação *F1A*, esta é bastante semelhante à característica do CCITT.

Um fator muito importante que não deve ser esquecido, é que as curvas de ponderação dos Estados Unidos são sempre relacionadas com 1 kHz, enquanto que a do CCITT é com 800 Hz.

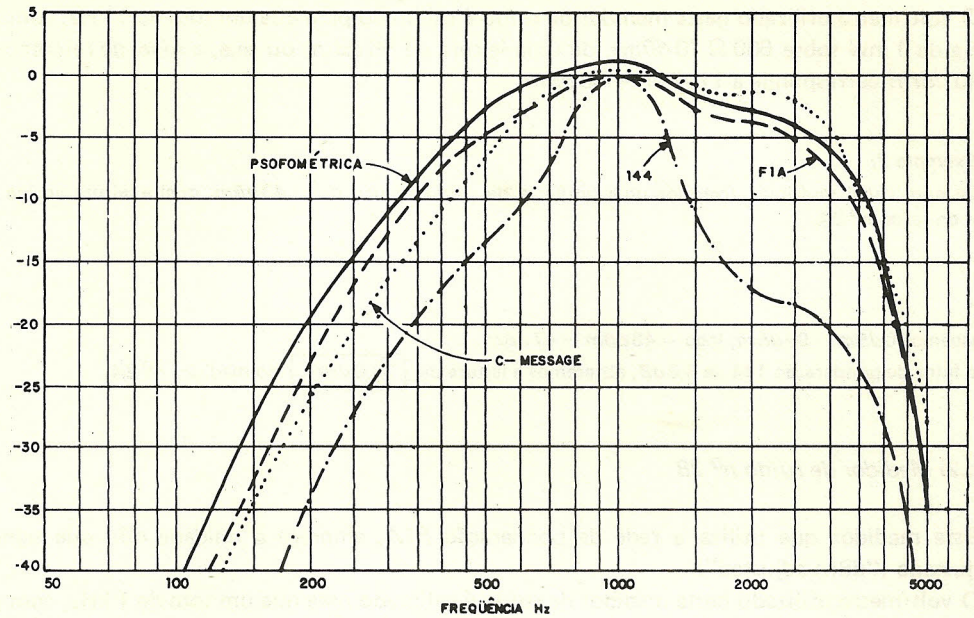


Fig. 8.26 – Curvas características de ponderação.

b) Fatores de ponderação

Pela mesma razão que a rede de ponderação psofométrica, as redes de ponderação 144, *F1A* e *C - Message* também possuem fatores de ponderação:

– Uma potência de ruído branco na faixa de 300 a 3 400 Hz, quando medida através de uma rede de ponderação 144, será reduzida de 8,0 *dB*, que é o "fator de ponderação 144 para a faixa de 3,1 kHz".

– Uma potência de ruído branco na faixa de 300 a 3 400 Hz, quando medida através de uma rede de ponderação *F1A*, será reduzida de 3,0 *dB*, que é o "fator de ponderação *F1A* para a faixa de 3,1 kHz".

– Uma potência de ruído branco na faixa de 300 a 3 400 Hz, quando medida através de uma rede de ponderação *C - Message*, será reduzida de 2 *dB*, que é o "fator de ponderação *C - Message* para a faixa de 3,1 kHz".

c) Unidades de medida

Os medidores de ruído empregados nos Estados Unidos, utilizam unidades diferentes daquelas dos psofômetros do CCITT, os quais geralmente estão calibrados em *dBmp* ou *pWp*, como já vimos.

Cada tipo de medidor de ruído está calibrado com uma unidade de medida:

c.1) Medidor de ruído nº 2A

Este medidor que utiliza a rede de ponderação 144, emprega a unidade *dBrn* que significa *dB* acima da referência de ruído ("dB above reference noise").

O voltímetro utilizado neste medidor de ruído é calibrado para que um tom de 1 kHz, com uma potência de 1 mW sobre 600 Ω (0 *dBm*), dê uma leitura de 90 *dBrn*, ou seja, o nível de referência de ruído (0 *dBrn*) corresponde a 1 *pW* ou – 90 *dBm*.

Exemplo 7:

Se num canal multiplex tivermos uma potência de ruído branco de – 43 *dBm*, qual a leitura obtida pelo medidor de ruído nº 2*A*.

Solução

Como sabemos 0 *dBm* → 90 *dBrn*, logo – 43 *dBm* → 47 *dBrn*.

Sendo o fator de ponderação 144 de 8,0 *dB*, obteremos a leitura de **39,0 *dBrn*** no medidor nº 2*A*.

c.2) *Medidor de ruído nº 2B*

Este medidor que utiliza a rede de ponderação *F1A*, emprega a unidade *dBa* que significa *dBrn* ajustado ("dBrn adjusted").

O voltímetro utilizado neste medidor de ruído é calibrado para que um tom de 1 kHz, com uma potência de 1 mW sobre 600 Ω (0 *dBm*), dê uma leitura de 85 *dBa*, ou seja, o nível de referência de ruído (0 *dBa*) corresponde a – 85 *dBm*.

Exemplo 8:

Se a leitura de ruído num canal multiplex for de 2 *dBa*, qual a leitura obtida neste mesmo canal com um medidor de ruído sem rede de ponderação ?

Solução

Como sabemos 85 *dBa* → 0 *dBm*, logo 2 *dBa* → – 83 *dBm*.

Sendo o fator de ponderação *F1A* de 3,0 *dB*, obteremos a leitura de **– 80,0 *dBm*** no medidor sem rede de ponderação.

c.3) *Medidor de ruído nº 3A*

Este medidor que utiliza a rede de ponderação C - Message, emprega a unidade *dBrnC* que significa *dBrn* compensado *C*.

O voltímetro utilizado neste medidor de ruído é calibrado para que um tom de 1 kHz, com potência de 1 mW sobre 600 Ω (0 *dBm*), dê uma leitura de – 90 *dBrnC*, ou seja, o nível de referência de ruído (0 *dBrnC*) corresponde a – 90 *dBm*.

Apesar do voltímetro dos medidores *2A* e *3A* estarem calibrados da mesma forma, devido às redes de ponderação diferentes, as leituras também serão diferentes. Entretanto, os medidores *2A* e *2B* darão a mesma leitura, muito embora a rede de ponderação seja diferente, porque a referência de ruído é diferente. Um ruído branco na faixa de 300 a 3400 Hz (potência de 0 *dBm*) dará as seguintes leituras nos diversos medidores de ruído:

– No psofômetro: – 2,5 *dBm*
– No medidor *2A*: 82,0 *dBrn*
– No medidor *2B*: 82,0 *dBa*
– No medidor *3A*: 88 *dBrnC*.

Deste modo, existe uma correlação entre as leituras obtidas nos diversos medidores de ruído, para uma potência qualquer de ruído branco na faixa de 300 a 3 400 Hz.

Esta relação pode ser obtida através das seguintes fórmulas aproximadas:

$$dBrnC = dBa + 6 = dBrn + 6$$

$$dBrnC = 10 \log pWp = dBmp + 90$$

$$dBa = dBrn = (10 \log pWp) - 6 = dBmp + 84 .$$

III) *Medida de ruído impulsivo*

Para medidas do ruído impulsivo foram considerados os seguintes aspectos:

a) O ruído impulsivo é esporádico, não gerando uma potência de ruído semelhante ao ruído térmico e de intermodulação.

b) A duração dos impulsos é muito curta para que os instrumentos convencionais o registrarem.

c) A amplitude de um determinado pulso, num instante, não indica, necessariamente, a maior amplitude que pode ocorrer.

d) O ruído impulsivo interessa diretamente à transmissão telegráfica e de dados.

A medida da perturbação causada pelo ruído impulsivo, assume características de um levantamento estatístico, constitu ndo-se, basicamente, na contagem do número de impulsos que ultrapassam determinado limiar, num espaço de tempo especificado. Esta medida é realizada por um registrador, chamado *contador de ruído impulsivo*, recomendado pelo CCITT.

O princípio de operação deste equipamento considera o fato de ser mais importante identificar o número de blocos de dados imperfeitos, do que o número total de impulsos de ruído, já que um único impulso pode alterar um bloco completo de dados.

O CCITT recomenda a simulação de blocos de dados, que correspondem a períodos de 125 *mseg* de duração, designados *tempo morto*, e definidos como o tempo decorrido entre o instante em que o contador registra um impulso de ruído e o instante em que o contador está novamente apto a registrar um outro impulso de ruído.

A Fig. 8.27 apresenta um exemplo de registro do contador de ruído impulsivo, durante um período t_u, no qual ocorrem sete impulsos com níveis e instantes de ocorrência aleatórios. Vejamos como se opera o registro:

— O impulso *A* excede o nível de resposta (limiar), sendo registrado pelo contador e, ao mesmo tempo, é iniciado o primeiro *tempo morto*. Como os impulsos *B* e *C* ocorrem durante este período, não são registrados.

— O impulso *D* provoca uma nova contagem, dando início ao segundo *tempo morto*, durante o qual ocorre o impulso *E* que não é registrado.

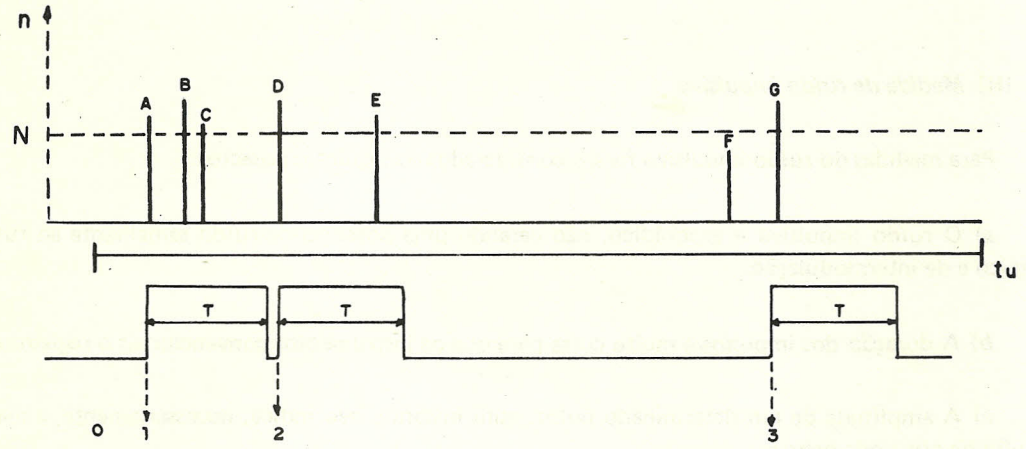
— O impulso *F* também não é registrado porque o seu nível está abaixo do nível de resposta (limiar).

— Finalmente, o impulso *G* é registrado, dando início ao último *tempo morto*.

Como verificamos pela explicação, os sete impulsos (*A* a *G*) originam somente três períodos de 125 *mseg*, fazendo com que a contagem indique um registro de *"3"*, isto é, são identificados três blocos de dados imperfeitos.

De acordo com o CCITT, admite-se um máximo de 18 indicações do contador para níveis acima do limiar, durante um período de 15 minutos, supondo-se que as medidas sejam realizadas na hora de maior movimento (*HMM*).

O CCITT especifica o limiar de – 18 *dBmO* para telegrafia até 200 *bauds*, e o limiar de – 21 *dBmO* para transmissão de dados.



A a G – IMPULSOS DE RUÍDO
T – DURAÇÃO DO "TEMPO MORTO"
0 a 3 – INDICAÇÕES DO CONTADOR
n – NÍVEL
N – NÍVEL DE RESPOSTA (LIMIAR)
T_u – DURAÇÃO DA MEDIDA

Fig. 8.27 – *Princípio de operação do contador de ruído impulsivo.*

8.6.4 – Cálculo de Ruído num Canal Multiplex

Como já vimos anteriormente, o ruído total num circuito telefônico, ou nos canais que o compõem, é formado de duas parcelas, uma referente ao equipamento multiplex e outra devida ao meio de transmissão. Vamos agora apresentar como é calculado o nível de ruído para cada rota multiplex, bem como os limites estabelecidos pelo CCITT.

a) Ruído do multiplex

O ruído produzido num canal multiplex pelos diversos equipamentos de modulação, não deve exceder a 2 500 *pWOp* de potência média em qualquer hora. Sua distribuição entre os vários equipamentos é deixada a critério do fabricante, contudo, o CCITT estabelece os seguintes limites máximos:

Deste modo, existe uma correlação entre as leituras obtidas nos diversos medidores de ruído, para uma potência qualquer de ruído branco na faixa de 300 a 3 400 Hz.

Esta relação pode ser obtida através das seguintes fórmulas aproximadas:

$$dBrnC = dBa + 6 = dBrn + 6$$

$$dBrnC = 10 \log pWp = dBmp + 90$$

$$dBa = dBrn = (10 \log pWp) - 6 = dBmp + 84 .$$

III) *Medida de ruído impulsivo*

Para medidas do ruído impulsivo foram considerados os seguintes aspectos:

a) O ruído impulsivo é esporádico, não gerando uma potência de ruído semelhante ao ruído térmico e de intermodulação.

b) A duração dos impulsos é muito curta para que os instrumentos convencionais o registrarem.

c) A amplitude de um determinado pulso, num instante, não indica, necessariamente, a maior amplitude que pode ocorrer.

d) O ruído impulsivo interessa diretamente à transmissão telegráfica e de dados.

A medida da perturbação causada pelo ruído impulsivo, assume características de um levantamento estatístico, constitu ndo-se, basicamente, na contagem do número de impulsos que ultrapassam determinado limiar, num espaço de tempo especificado. Esta medida é realizada por um registrador, chamado *contador de ruído impulsivo*, recomendado pelo CCITT.

O princípio de operação deste equipamento considera o fato de ser mais importante identificar o número de blocos de dados imperfeitos, do que o número total de impulsos de ruído, já que um único impulso pode alterar um bloco completo de dados.

O CCITT recomenda a simulação de blocos de dados, que correspondem a períodos de 125 *mseg* de duração, designados *tempo morto*, e definidos como o tempo decorrido entre o instante em que o contador registra um impulso de ruído e o instante em que o contador está novamente apto a registrar um outro impulso de ruído.

A Fig. 8.27 apresenta um exemplo de registro do contador de ruído impulsivo, durante um período t_u, no qual ocorrem sete impulsos com níveis e instantes de ocorrência aleatórios. Vejamos como se opera o registro:

— O impulso *A* excede o nível de resposta (limiar), sendo registrado pelo contador e, ao mesmo tempo, é iniciado o primeiro *tempo morto*. Como os impulsos *B* e *C* ocorrem durante este período, não são registrados.

— O impulso *D* provoca uma nova contagem, dando início ao segundo *tempo morto*, durante o qual ocorre o impulso *E* que não é registrado.

— O impulso *F* também não é registrado porque o seu nível está abaixo do nível de resposta (limiar).

— Finalmente, o impulso *G* é registrado, dando início ao último *tempo morto*.

– Para um MODEM de canal: 200*pWOp.*

– Para um MODEM de grupo: 80*pWOp.*

– Para um MODEM de supergrupo: 60*pWOp.*

– Para um MODEM de grupo mestre: 60*pWOp.*

– Para um MODEM de supergrupo mestre: 60*pWOp.*

– Para um MODEM de 15 supergrupos básicos: 60*pWOp* (válido também para um MODEM que faz a translação para a banda básica de 60 MHz).

– Para filtros de passagem: 10*pWOp.*

– Para outros equipamentos adicionais, tais como equipamentos de regulação, equalizadores, etc: 15*pWOp.*

b) Ruído do meio de transmissão

A contribuição destes sistemas é dada de acordo com a distância "L" (km) das seções que compõem a rota multiplex e dependem dos fabricantes dos equipamentos de transmissão. Entretanto, o CCIR e o CCITT estabelecem os seguintes limites máximos:

– Radiovisibilidade

Para 50 km $< L <$ 840 km
(3L + 200) *pWOp* de potência média em qualquer hora.

Para 840 km $< L <$ 1670 km
(3L + 400) *pWOp* de potência média em qualquer hora.

Para 1670 km $< L <$ 2500 km
(3L + 600) *pWOp* de potência média em qualquer hora.

– Rádiotropodifusão

Para qualquer valor de $L <$ 2500 km
10 L *pWOp* de potência média em qualquer hora.

– Cabos coaxiais e pares simétricos

Para qualquer valor de $L <$ 2500 km
3 L *pWOp* de potência média em qualquer hora.

– Linhas abertas

Para qualquer valor de $L <$ 2500 km
7 L *pWOp* de potência média em qualquer hora.

– Sistemas via satélite

Para cada seção do sistema, isto é, entre duas estações terrenas, a contribuição de ruído é de 10 000*pWOp.*

c) Limites de manutenção do CCITT

Os valores apresentados nos Itens *a* e *b* são especificações máximas de projeto, porém com vistas à manutenção, isto quer dizer, tomada de ação a fim de descobrir uma falha, o CCITT estabelece os seguintes objetivos para o ruído admissível em circuitos telefônicos:

Distância em km	*Ruído medido em dBmOp*
< 320	– 55
321 a 640	– 53
641 a 1600	– 51
1601 a 2500	– 49
2501 a 5000	– 46
5001 a 10000	– 43
10001 a 20000	– 40

Com relação aos Limites da Tabela, é importante observar que, nos valores apresentados estão incluídas as contribuições devidas à rede local (cabo de pares entre a Central Telefônica e o usuário e entre Centrais), bem como aquelas das Centrais Telefônicas por onde o circuito passa.

Entretanto, para a medida de ruído no circuito multiplex, os pontos de acesso excluem a rede Local e as Centrais Telefônicas, fazendo com que os limites da tabela não espelhem a real composição do circuito multiplex.

Além disso, dependendo do meio de transmissão empregado, os Limites da tabela podem não ser aplicáveis. Por exemplo, se considerarmos um circuito multiplex utilizando Radiotropodifusão, com um comprimento de 600 km, somente a contribuição do meio de transmissão (10 L *pWOp* = = 6 000 *pWOp* = – 52 *dBmOp*) já ultrapassa o Limite da tabela, que é de – 53*dBmOp.*

Devido a estes fatos, é mais usual calcular-se o limite de manutenção para o ruído através da composição real do círculo multiplex, isto é, utilizando-se os valores máximos apresentados em a) e b).

8.6.5 – Medida de Ruído Total em Circuito Multiplex

A medida de ruído no circuito multiplex é feita nos dois sentidos do mesmo, isto é, tanto no canal $A \rightarrow B$ como no canal $B \rightarrow A$, conforme indica a Fig. 8.28. A leitura do ruído é feita na recepção, terminando-se a transmissão distante com a sua impedância característica.

É importante observar que; quando o sistema multiplex está sem tráfego, o ruído medido no canal será o térmico, enquanto que para o sistema com tráfego, teremos o ruído térmico e o de intermodulação. Para obtermos o ruído total no canal multiplex é necessário que a leitura seja feita na hora de maior movimento, pois só assim teremos a contribuição dos produtos de intermodulação de todo o sistema no canal que está sendo testado.

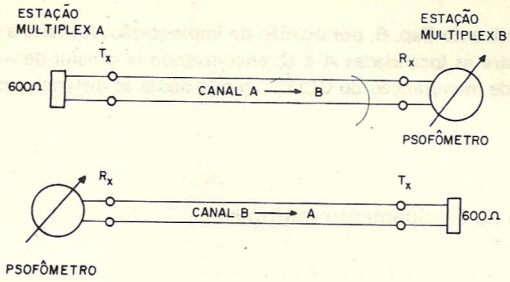
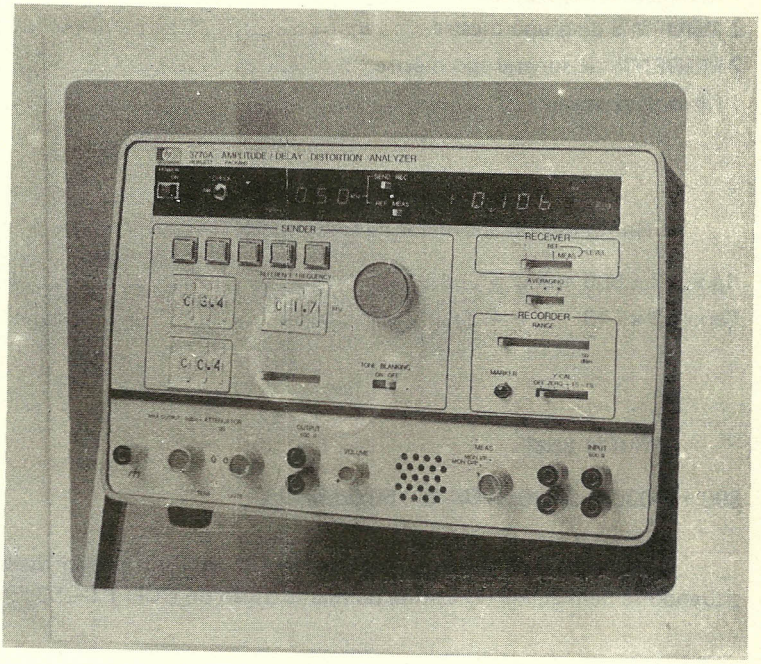
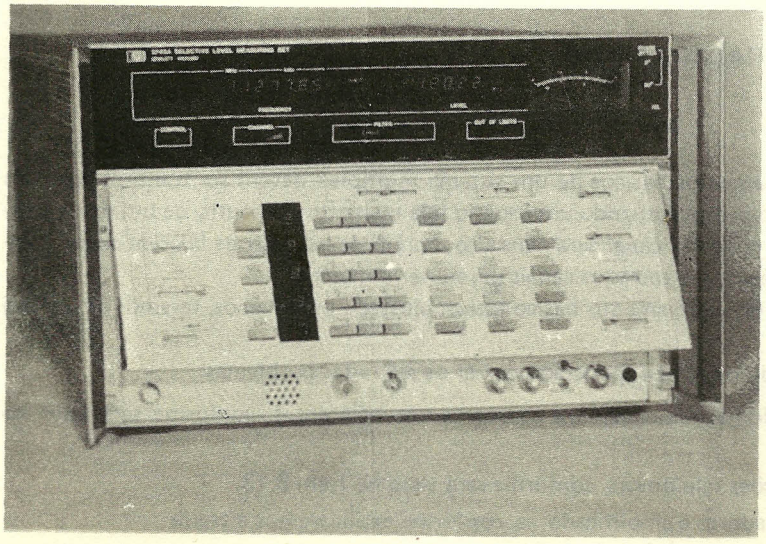


Fig. 8.28 – Medida do ruído num sistema multiplex.



Instrumento para medida de distorção de atenuação e distorção de retardo na faixa de freqüências do canal multiplex. Na foto, o "display" do instrumento está indicando a distorção de retardo de grupo de 0,106 ms na freqüência de 0,5 kHz, sendo a referência 1,7 kHz.



Instrumento que permite a medida de nível seletivo e ruído, desde canal até a banda básica. Neste instrumento, a freqüência em que se deseja medir um nível é programada automaticamente, através de teclas, como na foto, onde estamos medindo um tom dentro do canal 7, G3, SG8, GM9, SGM3, que na banda básica de 2 700 canais é a freqüência de 11 277,85 kHz, apresentando um nível de – 120,22 dBm.

Exemplo 9:

No sistema hipotético do Cap. 6, por ocasião da implantação, foi feita a medida de ruído de um canal na hora de maior movimento, entre as localidades *A* e *C*, encontrando-se o valor de – 58*dBmOp*. Comparar este valor com os limites para projeto e de manutenção do CCITT, sendo dadas as distâncias rádio (600 km) e cabo coaxial (10 km).

Solução

– Ruído devido ao Equipamento multiplex

1 MODEM de canal	200*pWOp*
1 MODEM de grupo	80*pWOp*
1 MODEM de supergrupo	60*pWOp*
2 MODEM'S de grupo mestre	120*pWOp*
2 MODEM'S de supergrupo mestre	120*pWOp*
1 filtro de passagem	10*pWOp*
	590*pWOp*

– Ruído devido aos meios de transmissão

Rádio: 3 x 600 + 200 =	2 000*pWOp*
Cabo : 3 x 10 =	30*pWOp*
	2 030*pWOp*

– Ruído total

590 + 2 030 = 2 020*pWOp* ≅ – 56,0*dBmOp*.

Como podemos verificar, o valor medido está um pouco melhor que o valor limite do projeto, situando-se bem acima do Limite de manutenção do CCITT (– 53*dBmOp*).

8.7 – DISTORÇÃO POR VARIAÇÃO DE NÍVEL

Todos os canais e agrupamentos básicos de um sistema multiplex devem ser transmitidos com um mesmo nível relativo. É lógico que quando um usuário fala mais alto que outro de um canal adjacente, o nível transmitido no primeiro canal será mais alto. Porém, se os usuários falarem com a mesma intensidade, o nível de recepção de todos os canais deverá ser o mesmo.

Se o nível de um canal ou agrupamento básico estiver ajustado para menos, teremos uma piora na relação sinal-ruído.

Se o nível estiver ajustado para mais, poderão ocorrer os seguintes problemas:

– Um aumento na diafonia dos canais ou agrupamentos adjacentes, conforme será visto no Item 8.10.

– Instabilidade nas ligações telefônicas, conforme será visto no Item 8.13.

– Distorções nos moduladores e amplificadores, conforme explicaremos a seguir.

8.7.1 – Excesso de Nível nos Moduladores e Amplificadores

Um excesso de nível através dos equipamentos que compõem o sistema multiplex, pode acarretar problemas graves, principalmente, nos moduladores e amplificadores. Nos moduladores provoca uma distorção, chamada sobremodulação, que foi explicada no Cap. 7, no item relativo aos moduladores utilizados pelo FDM. Nos amplificadores, um aumento do nível de potência de entrada ou sobrecarga provoca distorção dos sinais e aumento do ruído de intermodulação, como será explicado a seguir.

a) Efeitos de sobrecarga

Um sistema multiplex permite que muitos sinais sejam transmitidos simultaneamente, por um único meio de transmissão. Nestes sistemas, os canais de voz passam por amplificadores monocanal e multicanal.

Os amplificadores multicanal podem ampliar até centenas de canais, tendo neste caso largura de faixa de ordem de megaHertz. Sobre tal largura de faixa, as respostas de freqüência e de fase não serão uniformes.

Como já vimos anteriormente, quando injetamos um sinal complexo num amplificador, obtemos na saída do mesmo, além das freqüências fundamentais, suas harmônicas e os produtos de intermodulação.

Quanto menos linear o amplificador, maior será a potência dos produtos de intermodulação.

Estes produtos não têm grande influência sobre o sinal original, enquanto este apresentar um nível de potência baixo, porém a medida que se aumenta o nível de potência do sinal de entrada, a potência dos produtos de intermodulação sofre um aumento proporcional, até que se atinja um ponto crítico, chamado *ponto de quebra do amplificador*. Acima deste ponto, a potência dos produtos de segunda e terceira ordem aumentam rapidamente, porém o maior aumento acontece com os produtos de ordem superior que, abruptamente, alcançam os níveis de potência dos produtos de segunda e terceira ordem, conforme está representado na Fig. 8.29.

Desta maneira, quando o nível do sinal de entrada atinge o ponto de quebra do amplificador, além do sinal de saída ficar distorcido, a contribuição para o ruído de intermodulação aumenta muito.

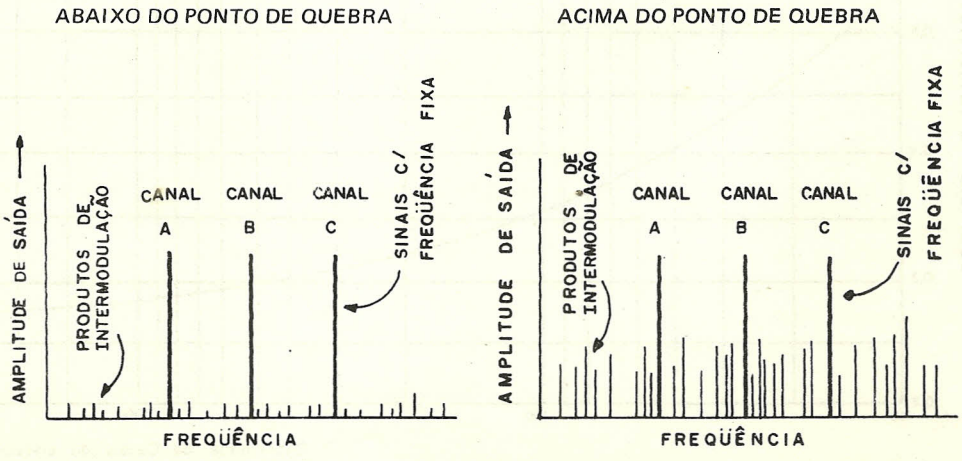


Fig. 8.29 – Os produtos de intermodulação antes e após o ponto de quebra.

O ponto de quebra indica a capacidade instantânea de carga de um amplificador. O CCITT define este ponto como: a potência de saída na qual um aumento de 1 *dB* na potência de entrada, causa o aumento de 20 *dB* ou mais na potência do 3º harmônico.

b) A carga de conversação

A carga total (potência média) aplicada a um amplificador multicanal, é igual a soma das cargas dos canais individuais ativos. Num amplificador para *N* canais de voz, pode parecer que a carga total de conversação é *N* vezes a carga de um simples canal. Entretanto, isto não é verdade, pois existem certas peculiaridades acerca da transmissão da conversação, que tende a reduzir e a estabilizar a carga total, principalmente, quando o número de canais aumenta.

Com a conversação, três fatores atuam conjuntamente para determinar a carga total:

– A relação entre o número de canais ativos (*n*) e o número total de canais do sistema (*N*), chamado *coeficiente de atividade.*

Um canal estará ativo somente quando estiver presente a potência do sinal de voz. Numerosos estudos tem mostrado que, nos sistemas multiplex, todos os canais de voz estarão raramente transmitindo conversação num dado instante. Alguns canais estarão completamente ociosos (vagos), significando que eles estarão a disposição de um usuário para a concretização de uma chamada. Outros canais estarão ocupados, porém a conversação não estará presente (pausa entre palavras ou durante o período de escuta do usuário).

Medidas em grandes amostras de canais foram realizadas por diversas Administrações, chegando-se a uma relação entre o tempo em que cada canal está ativo e o tempo total de disponibilidade do canal (*fator de atividade*) de 25% em média, valor este válido para 99% do tempo, mesmo na hora de maior movimento.

Deste modo, se um canal está ativo somente 25% do tempo em média, é de se esperar que a percentagem do tempo em que todos os canais estarão ativos num sistema multiplex seja muito baixa. Este fato pode ser constatado pelo gráfico do coeficiente de atividade versus capacidade de canais do sistema multiplex (Fig. 8.30), para 99% do tempo, na hora de maior movimento. Estes dados também foram obtidos através de medições de diversas Administrações.

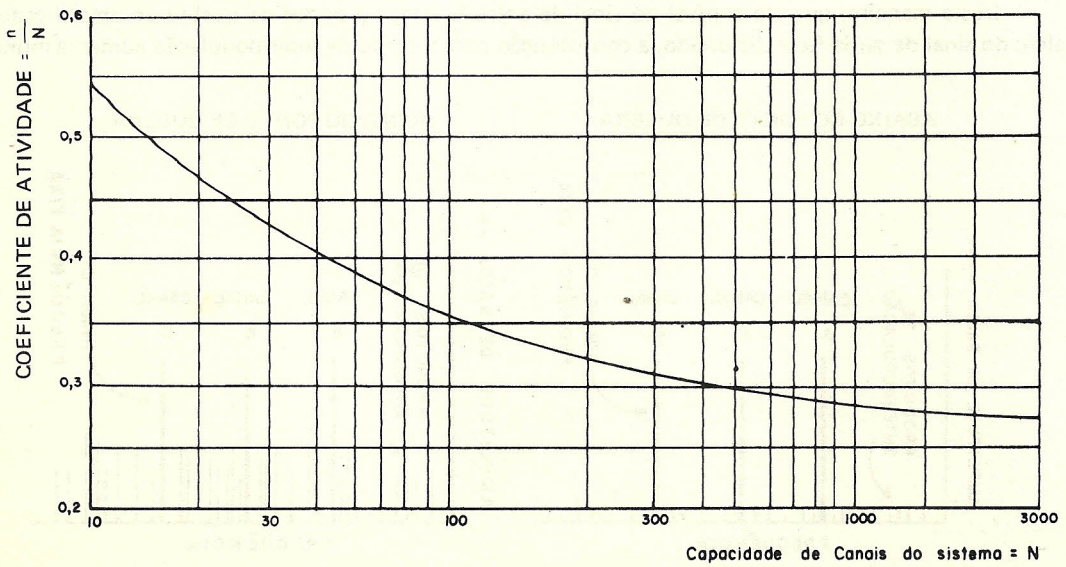


Fig. 8.30 – Fator de atividade versus capacidade de canais do sistema.

Como podemos verificar, para sistemas de alta capacidade, o coeficiente de atividade tende para 0,27, sendo que o CCITT adota 0,25 para $N > 240$ canais, fazendo com que o coeficiente de atividade praticamente se confunda com o fator de atividade de canal do sistema.

– A relação entre a potência de pico e a potência do sinal de conversação, chamado *fator de pico*.

O equipamento multiplex para um único canal deve ser capaz de transmitir os sinais de voz no volume máximo admissível, valor este que depende do fator de pico e da potência media dos sinais de voz.

Com relação à distribuição da amplitude dos sinais de voz, diversos estudos foram realizados, obtendo-se o gráfico da variação do fator de pico com o número de canais ativos (Fig. 8.31), onde estão apresentados dois níveis de probabilidade, equivalentes a 99,9% e 99% do tempo.

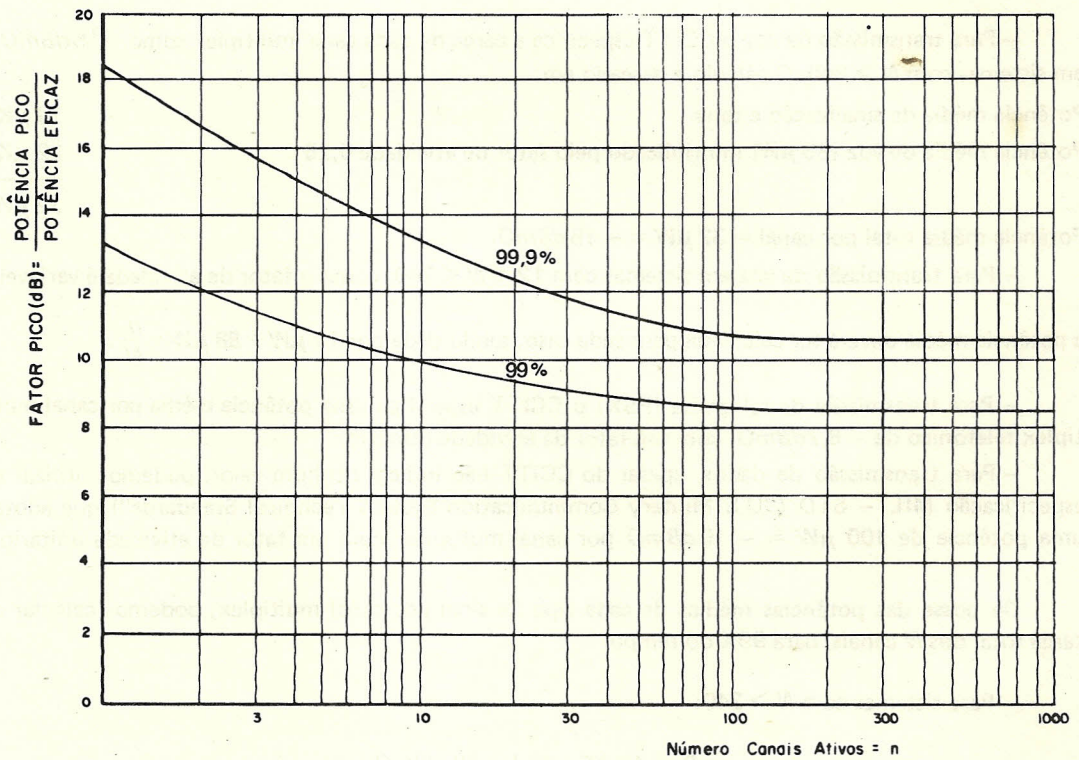


Fig. 8.31 – Fator de pico versus número de canais ativos.

Por exemplo: para um canal ativo teremos picos de 13 *dB* acima da potência eficaz durante 1% do tempo, e picos de 18,5 *dB* para 0,1% do tempo.

Para 10 canais teremos picos de 9,8 *dB* acima da potência durante 1% do tempo, e picos de 13,5 *dB* para 0,1% do tempo.

Como podemos notar, para mais de 80 canais ativos, o fator de pico fica, aproximadamente, constante.

Estas curvas demonstram que é, praticamente, desnecessário projetar equipamentos multicanal para manipular os mesmos fatores de pico de um equipamento monocanal.

– A potência média dos sinais de voz dos canais individuais.

Quanto à potência média do sinal de voz, diversos levantamentos foram efetuados, sendo adotado pelo CCITT um valor de 88 μW no ponto de nível relativo zero . . . (– 10 $dBmO$).

c) Determinação da capacidade de carga

A capacidade de carga de um amplificador depende dos tipos e quantidade de sinal que o sistema deve transmitir.

Quando um sistema é projetado, estudos devem ser feitos de maneira a determinar as quantidades de sinais de voz, dados e telegrafia a serem transmitidos. Com base nesses estudos, uma fórmula de carga satisfatória pode ser deduzida e a capacidade de fornecer potência do sistema é calculada. Para este fim, o nível de potência de cada tipo de sinal deve ser especificado:

– Para transmissão de voz o CCITT especifica a carga de cada canal multiplex como – 15 $dBmO$, em sistemas com $N > 240$. O cálculo é baseado em:

Potência média de sinalização e tons	10 μW
Potência média de voz (88 μW) multiplicado pelo fator de atividade 0,25	22 μW
	32 μW

Potência média total por canal = 32 μW = – 15 $dBmO$.

– Para transmissão de voz em sistemas com $12 < N < 240$, como o fator de atividade é variável, a potência média deverá ser calculada para cada caso, sendo dada por $10\ \mu W + 88\ \mu W \times \frac{n}{N}$.

– Para transmissão de telegrafia (FSK) o CCITT especifica uma potência média por canal multiplex telefônico de – 8,7 $dBmO$, com um fator de atividade unitário.

– Para transmissão de dados, apesar do CCITT não indicar nenhum valor, podemos utilizar a especificação MIL – STD ("U.S Military Communication System Technical Standards") que adota uma potência de 100 μW = – 10 $dBmO$ por canal multiplex, com um fator de atividade unitário.

De posse das potências médias de cada tipo de sinal por canal multiplex, podemos calcular a carga total dos N canais, para 99% do tempo.

– Para sistemas com $N > 240$:

$$P_t = (-15 + 10 \log N)\ dBmO$$

– Para sistemas com $12 < N < 240$ o CCITT adota a seguinte fórmula aproximada:

$$P_t = (-1 + 4 \log N)\ dBmO$$

– Para sistemas com N canais telegráficos (FSK):

$$P_t = (-8{,}7 + 10 \log N)\ dBmO$$

– Para sistemas com N canais de dados:

$$P_t = (-10 + 10 \log N)\ dBmO.$$

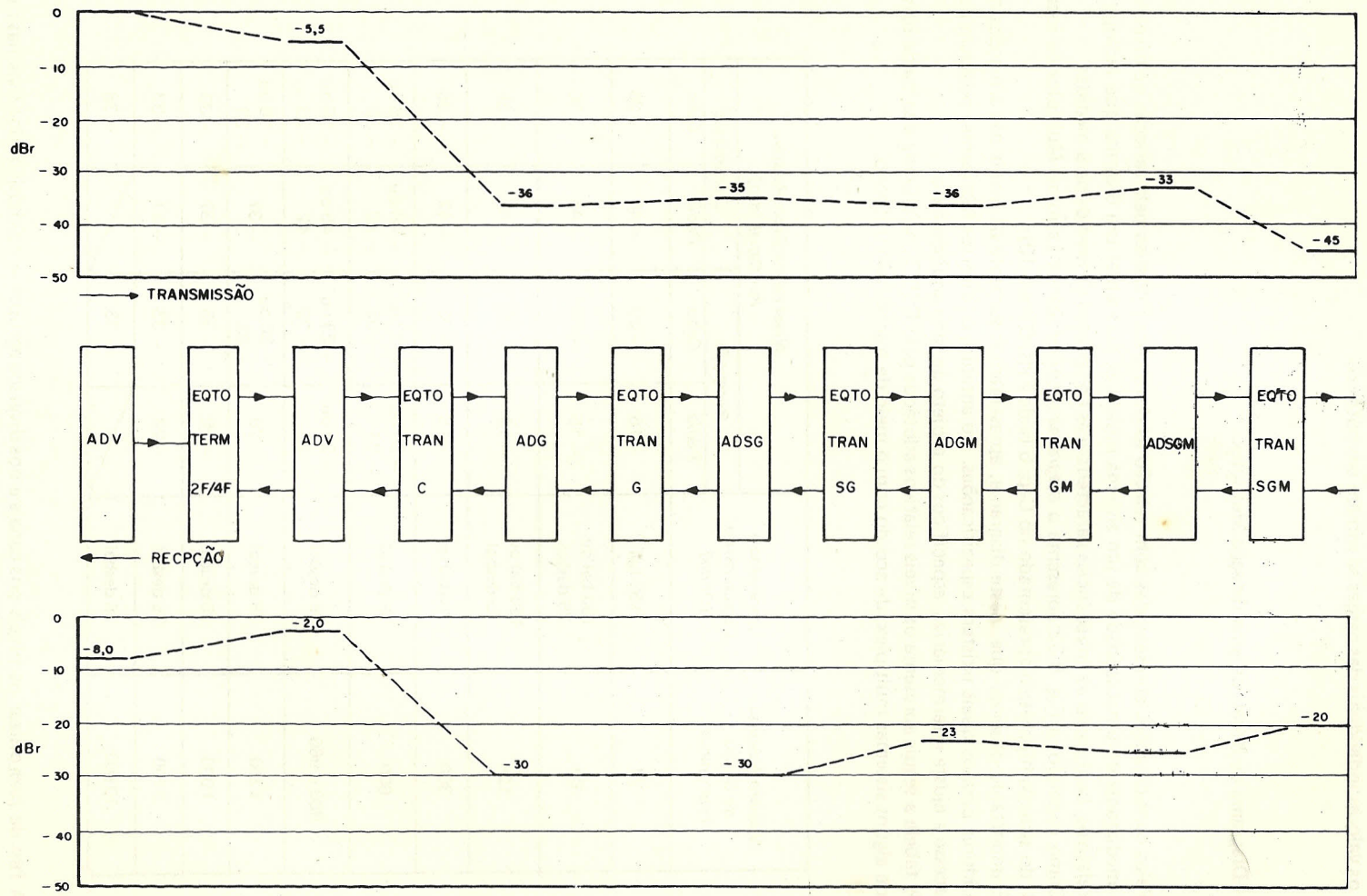


Fig. 8.32 — Diagrama de níveis da terminal multiplex da localidade *A*.

Para determinação da carga de um sistema transportando simultaneamente telefonia, telegrafia e dados, os valores individuais das cargas se somam em potência.

8.7.2 – Diagrama de Níveis de uma Estação Multiplex

Pelas considerações apresentadas com relação às distorções causadas pela variação de nível, notamos imediatamente a necessidade de um sistema multiplex apresentar um diagrma que indique os níveis relativos, bem como as impedâncias características nos pontos de acessos para medidas.

Como exemplo, a Fig. 8.32 apresenta o *diagrama de níveis* para a Terminal Multiplex da localidade *A*, do sistema hipotético apresentado no Cap. 6 (vide Figs. 6.9 e 6.10).

É importante observar que, neste diagrama, apresentamos somente os níveis nas armações dos distribuidores para os quais existem especificações. No entanto, os diversos fabricantes possuem pontos de acesso e ajuste intermediários, específicos do projeto de cada equipamento.

A tabela a seguir apresenta os níveis relativos adotados pelo CCITT, na entrada e saída da banda básica de alguns sistemas multiplex, de acordo com o meio de transmissão utilizado.

Número Máximo de Canais Telefônicos	*Impedância Característica (Ohms)*	*Nível de Potência Relativa Por Canal (dBr)*			
		Recepção		*Transmissão*	
		Rádio	*Cabo*	*Rádio*	*Cabo*
24	150 bal	– 15	– 23	– 45	– 36
60	150 bal ou 75 desbal	– 15	– 23	– 45	– 36
120	150 bal ou 75 desbal	– 15	– 23	– 45	– 36
300	75 desbal	– 18	– 23	– 42	– 36
600	75 desbal	– 20 ou – 23	– 23 ou – 33	– 45 ou – 42	– 36 ou – 33
900 e 960	75 desbal	– 20 ou – 23	– 23 ou – 33	– 45 ou – 42	– 36 ou – 33
1260	75 desbal	– 28	– 36 ou – 33	– 37	– 36 ou – 33
1800	75 desbal	– 28	– 33	– 37	– 33
2700	75 desbal	– 28	– 33	– 37	– 33
10800	75 desbal		– 33		– 33

A fim de padronizar os níveis nos canais e nos diversos agrupamentos básicos dos sistemas multiplex, visando uma perfeita adaptação quando houver interface entre diferentes Empresas, no Brasil adotam-se os seguintes níveis relativos e impedâncias:

	Ponto de Teste	*Nível (dBr)*		*Impedância*
		Tx	*Rx*	
Canal	ADV	– 5,5	– 2,0	600 Ω bal
Grupo Básico	ADG	– 36	– 30	75 Ω ou 150 Ω bal
SG Básico	ADSG	– 35	– 30	75 Ω desbal
GM Básico	ADGM	– 36	– 23	75 Ω desbal
SGM Básico	ADSGM	– 33	– 25	75 Ω desbal
15 SG Básico	ADGM	– 33	– 25	75 Ω desbal

8.7.3 – Alinhamento de Nível do Sistema Multiplex

Para que um sistema multiplex apresente os diversos níveis relativos especificados no diagrama de níveis, é necessário que se faça o alinhamento deste sistema, ou seja, o ajuste do nível de cada agrupamento e canal do mesmo. Esta operação deve ser iniciada pelos estágios de translação mais alta, seguidos pelos de translação mais baixa, sendo por último alinhados os canais. O alinhamento começa sempre pelo lado de transmissão, terminando pelo de recepção da estação distante.

É importante observar que o alinhamento do sistema multiplex deve ser precedido do alinhamento do meio de transmissão (rádio, cabo, linha aberta etc.).

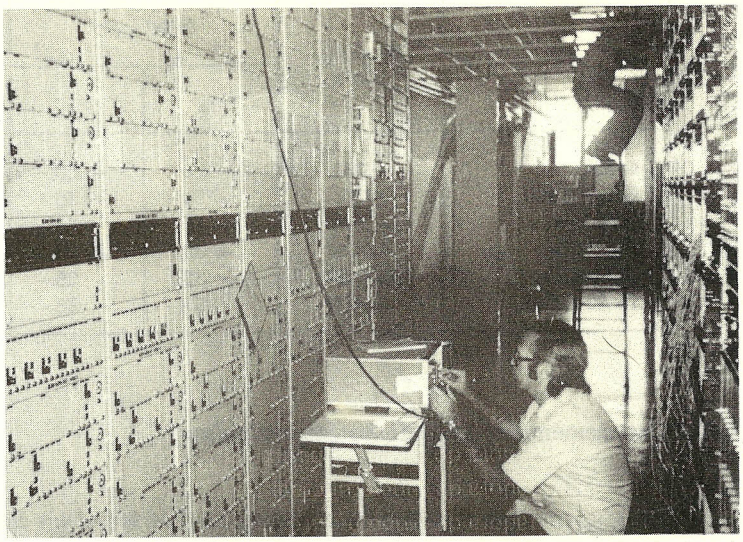
Por exemplo: para o sistema multiplex hipotético apresentado no Cap. 6, na localidade *A* iniciamos o alinhamento pela transmissão do supergrupo mestre (acompanhar a explicação conjuntamente pelas Figs. 6.9, 6.10 e 8.32).

Como já vimos no Cap. 5 Item 5.2, para medirmos qualquer agrupamento, basta medirmos o seu piloto nos diversos pontos de acesso, o que é feito por um medidor de nível seletivo em freqüências. Assim, para o supergrupo mestre medimos o seu piloto no ADSGM (11 096 kHz), ajustando no equipamento de translação de grupo mestre para um valor mais próximo possível do nominal ($-20\,dBmO = -53\,dBm$, ou seja, $20\,dB$ abaixo de $-33\,dBr$). Após, medimos na banda básica o mesmo piloto, que neste caso estará transladado para 1 608 kHz, ajustando no equipamento de translação de supergrupo mestre para um valor mais próximo possível do nominal ($-65\,dBm$).

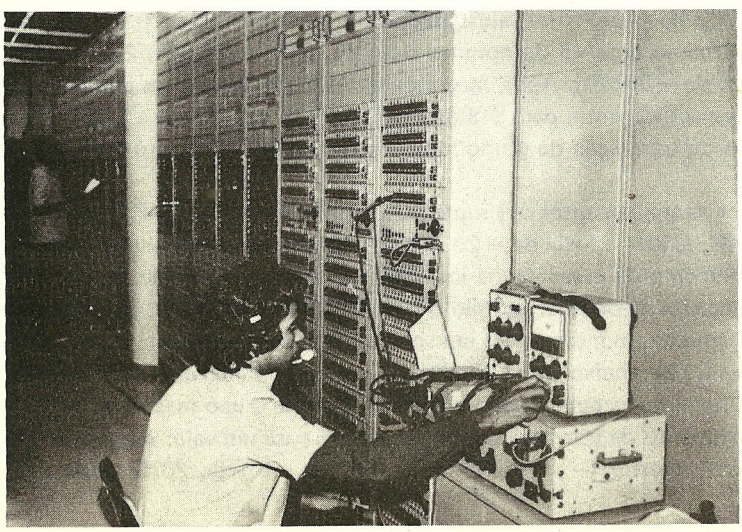
A seguir, faz-se o alinhamento da transmissão dos grupos mestres da seguinte maneira: mede-se o piloto de cada grupo mestre no ADGM (1552 kHz), ajustando-se no equipamento de translação de supergrupo para um valor mais próximo possível do nominal de cada grupo mestre ($-20\,dBmO = -56\,dBm$, ou seja, $20\,dB$ abaixo de $-36\,dBr$). Após, medimos no ADSGM os mesmos pilotos, que neste caso estarão transladados, respectivamente, para 9 008 kHz (GM7), 10 328 (GM8) e 11 648 kHz (GM9), ajustando no equipamento de translação de grupo mestre para um valor mais próximo possível do nominal ($-53\,dBm$).

De maneira análoga, fazemos os alinhamentos dos supergrupos (piloto de 411,92 kHz e nível de $-20\,dBmO$) e grupos (piloto de 84,08 kHz e nível de $-20\,dBmO$), transmitidos para a localidade *B*.

Após, deve ser feito o alinhamento da recepção na localidade *B*, iniciando-se pelo supergrupo mestre, que é feito da seguinte maneira: mede-se o seu piloto no ADSGM (11 096 kHz), ajustando-se no equipamento de translação de supergrupo mestre para um valor mais próximo possível do nominal ($-20\,dBmO = -45\,dBm$, ou seja $20\,dB$ abaixo de $-25\,dBr$). Segue-se o alinhamento da recepção dos grupos mestres, que é feito da seguinte maneira: mede-se o piloto de cada grupo mestre no ADGM (1552 kHz), ajustando-se no equipamento de translação de grupo mestre para um valor mais próximo possível do nominal de cada grupo mestre ($-20\,dBmO = -43\,dBm$, ou seja, $20\,dB$ abaixo de $-23\,dBr$).



Medição dos níveis dos pilotos dos diversos agrupamentos do multiplex para alinhamento do sistema. O instrumento utilizado é um medidor de nível seletivo (Embratel — Rio de Janeiro).



Medição dos níveis dos canais multiplex. Os instrumentos utilizados são um gerador de sinais de áudio, um medidor de nível e um padrão de nível, para calibração do instrumental (Embratel — Rio de Janeiro).

Todos os outros alinhamentos de agrupamentos são feitos da mesma maneira que a descrita.

Depois de alinhados os agrupamentos do sistema, fazemos o alinhamento dos canais, por rota multiplex. Como os canais multiplex não possuem pilotos, deve ser injetado um tom com uma freqüência de 800 Hz e nível de – 10 *dBmO* (especificação do CCITT para teste de canal), na entrada de cada canal (lado de transmissão), medindo-se o respectivo tom no ADG, que neste caso estará transladado (canal 1 = 107,2 kHz; C2 = 103,2 kHz; C3 = 99,2 kHz; C4 = 95,2 kHz; C5 = 91,2 kHz; C6 = = 87,2 kHz; C7 = 83,2 kHz; C8 = 79,2 kHz; C9 = 75,2 kHz; C10 = 71,2 kHz; C11 = 67,2 kHz; C12 = = 63,2 kHz), ajustando-se no equipamento de translação de canal para um valor mais próximo possível do nominal (– 10 *dBmO* = – 46 *dBm*, ou seja 10 *dB* abaixo de – 36 *dBr*).

No lado de recepção da estação distante deve-se medir o tom de 800 Hz na saída de cada canal (ADV), ajustando-se no equipamento de translação de canal para um nível mais próximo possível do nominal (– 10 *dBmO* = – 12 *dBm*, ou seja 10 *dB* abaixo de – 2 *dBr*).

8.8 – DISTORÇÃO POR FALTA DE SINCRONISMO

Como já vimos no Item 3.7 do Cap. 3, quando num sistema multiplex a freqüência portadora de uma das Estações Terminais se encontra diferente da outra, diz-se que há *falta de sincronismo*. Isto provoca uma espécie de distorção em freqüência, tornando irreconhecível a voz do interlocutor que se encontra no outro extremo.

O sinal modulante F_b ao ser introduzido no modulador, juntamente com a freqüência portadora F_p, sofre uma translação, passando para:

$$F_p - F_b \quad \text{ou} \quad F_p + F_b \ .$$

Se considerarmos a faixa lateral inferior $F_p - F_b$, na Estação distante, este sinal ao ser injetado no demodulador, deve submeter-se a um batimento com uma freqüência portadora igual à freqüência portadora original F_p, para reconstituir o sinal original.

Entretanto, se no demodulador tivermos uma freqüência portadora diferente de F_p ($F_p \pm \Delta f$), teremos como sinal resultante:

$$(F_p \pm \Delta f) + (F_p - F_b) \quad \text{ou} \quad (F_p \pm \Delta f) - (F_p - F_b) \ .$$

Se considerarmos a faixa lateral inferior, após o filtro obtém-se um sinal que será $F_b \pm \Delta f$, não correspondendo ao sinal original. Δf é chamado de *erro na freqüência reconstituída*.

8.8.1 – Tolerância para o Erro Máximo na Freqüência Reconstituída

Para os canais de qualquer circuito telefônico nacional ou internacional, igualmente adequados para telegrafia e transmissão de dados em freqüência de voz, a diferença entre uma freqüência de áudio aplicada ao extremo de um circuito, e a freqüência recebida no outro extremo, não deve exceder a 2 Hz, mesmo quando houver processos intermediários de modulação. Este é o objetivo estabelecido pelo CCITT para Δf.

8.8.2 – Medida do Erro na Freqüência Reconstituída

O CCITT especifica o diagrama em blocos da Fig. 8.33, para o equipamento de medida do erro na freqüência reconstituída num canal multiplex.

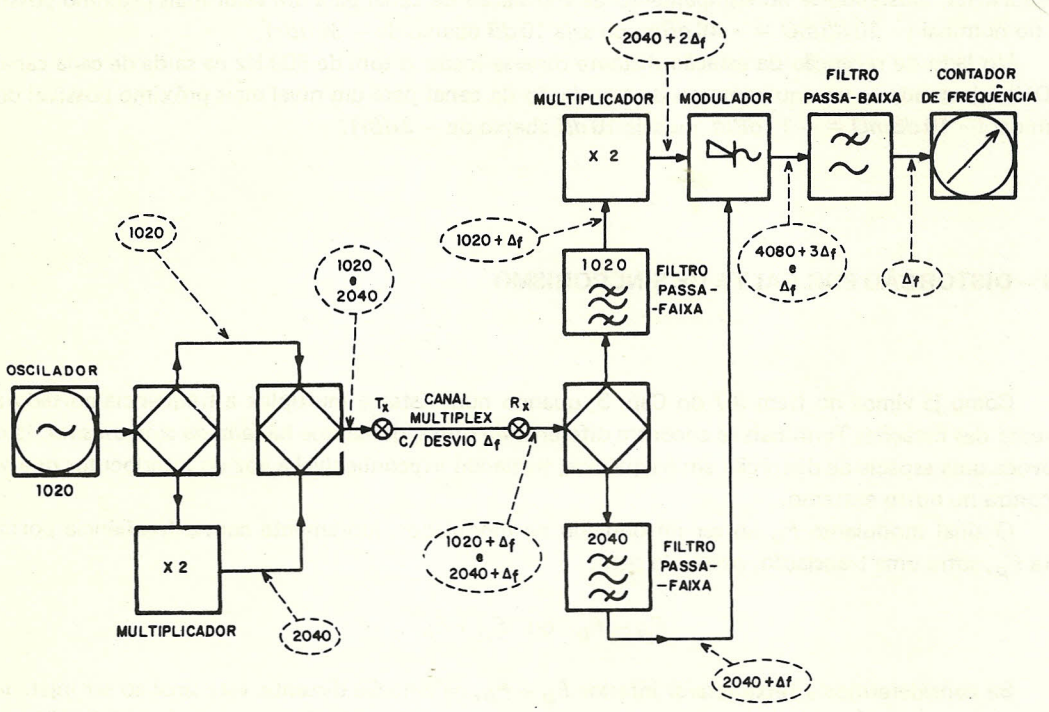


Fig. 8.33 – Medida de desvio de freqüência Δf.

A medida é feita da seguinte maneira:

– No lado de transmissão do canal multiplex em teste, injetam-se dois tons com freqüências de 1 020 e 2 040 Hz. Estes tons são obtidos a partir do mesmo oscilador, a fim de garantir que 2 040 Hz seja exatamente o dobro de 1 020 Hz, como podemos ver pela figura.

– Na recepção teremos dois sinais, um com a freqüência $(1020 + \Delta f)$ Hz e o outro com $(2040 + \Delta f)$ Hz, onde Δf é o desvio introduzido pelo sistema multiplex.

– Por meio de filtros sintonizados, estes sinais são separados. O sinal de $(1020 + \Delta f)$ Hz é multiplicado por dois, sendo o produto $(2040 + 2\Delta f)$ injetado num modulador em que a portadora é o sinal de $(2040 + \Delta f)$ Hz. Como este é um modulador idêntico aos utilizados pelo multiplex, na sua saída teremos dois sinais: $(4080 + 3\Delta f)$ Hz e (Δf) Hz.

– Para obter o desvio de freqüência, basta retirarmos Δf através de um filtro passa-baixa, fazendo a medida do desvio por meio de um contador de freqüências analógico ou digital.

8.8.3 – Especificações para Alcançar o Objetivo

a) Precisão das freqüências portadoras

A fim de que o objetivo apresentado no Item 8.8.1 seja atingido, o CCITT recomenda as seguintes precisões para as portadoras dos diversos estágios de translação:

– Freqüências portadoras de canal: $\pm 10^{-6}$;

– Freqüências portadoras de grupo e supergrupo: $\pm 10^{-7}$;

– Freqüências portadoras de grupo mestre e supergrupo mestre:
sistemas de 12 MHz: $\pm 5 \times 10^{-8}$;
sistemas de 60 MHz: $\pm 1 \times 10^{-8}$.

Cálculos feitos pelo CCITT indicam que, se forem seguidas estas recomendações, há aproximadamente 1% de probabilidade da diferença de freqüência entre os extremos da ligação exceder a 3 Hz, e menos de 0,1% de probabilidade dessa diferença exceder a 4 Hz.

b) Alinhamento dos osciladores mestres

O CCITT especifica ainda que, além das precisões recomendadas para as freqüências portadoras apresentadas no Item *a*, é necessário um alinhamento dos osciladores mestres nas várias estações onde ocorrem modulações, a fim de alcançar o objetivo.

Este alinhamento consiste na comparação de freqüência e ajuste, podendo ser feito da seguinte maneira:

– Sincronização: freqüências idênticas e relação entre fases fixas.

– Isosincronização: somente freqüências idênticas.

– Controle diferencial: diferenças fixas de freqüência em determinados intervalos.

Entretanto, o CCITT não recomenda nenhum método particular de controle dos osciladores mestres, indicando que é suficiente uma "rotina de comparação de freqüências" destes osciladores com um padrão nacional. Após a comparação, deve ser feito o ajuste manual ou automático, quando necessário. A rotina de comparação dos osciladores mestres deve ser feita através de pilotos de linha, gerados por este oscilador com este propósito.

8.8.4 – Sistema de Sincronismo da Embratel

O sistema da EMBRATEL atende às precisões especificadas no Item 8.8.1, recomendadas pelo CCITT para as freqüências portadoras dos diversos estágios de modulação. Em cada Estação Multiplex, estas precisões são alcançadas através da geração das diversas portadoras, partindo de um único oscilador mestre. Porém, a estabilidade destes osciladores mestre não é garantida indefinidamente mas, somente por um determinado período, de acordo com o fabricante. É necessário pois haver um sistema para realizar, periodicamente, o alinhamento dos osciladores mestre.

A Fig. 8.34 apresenta o diagrama em bloco do sistema de alinhamento dos osciladores mestre utilizado pela EMBRATEL.

Este sistema de alinhamento é baseado na *freqüência padrão* de 308 kHz, obtida a partir de um "Padrão de Césio" pertencente ao Laboratório da EMBRATEL. Por intermédio de um sintetizador obtém-se a freqüência de 308 kHz que, através de um meio de transmissão (cabo), é levada até à Terminal MUX do RJO.

Observação: é importante notar que a freqüência padrão utilizada para o alinhamento dos osciladores mestre, não deve sofrer nenhuma conversão de freqüência no multiplex, para não perder a sua precisão.

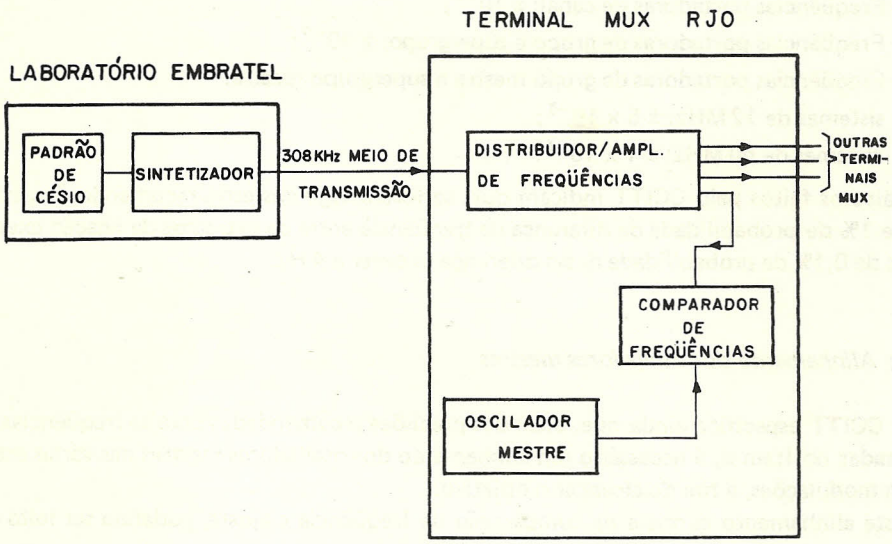


Fig. 8.34 – Sincronização dos osciladores mestres.

Por intermédio de um *distribuidor-amplificador da freqüência padrão*, o sinal de 308 kHz é enviado através do Sistema da Embratel, às Estações MUX seguintes.

Nestas, por processo idêntico, a mesma freqüência padrão é levada às outras Estações, até que todas recebam esta freqüência.

Em cada Estação MUX, utilizando-se um comparador, faz-se a sincronização dos osciladores mestre com a freqüência padrão.

8.9 – RESÍDUO OU ESCAPE DE PORTADORA

O balanceamento elétrico dos moduladores com portadora suprimida, utilizados nos sistemas FDM, nunca é perfeito. Por causa disto, uma parte da energia da portadora sempre escapa para outras partes do circuito, como foi explicado no Cap. 7, no item relativo a moduladores utilizados pelo FDM.

8.8.3 – Especificações para Alcançar o Objetivo

a) Precisão das freqüências portadoras

A fim de que o objetivo apresentado no Item 8.8.1 seja atingido, o CCITT recomenda as seguintes precisões para as portadoras dos diversos estágios de translação:

– Freqüências portadoras de canal: $\pm 10^{-6}$;
– Freqüências portadoras de grupo e supergrupo: $\pm 10^{-7}$;
– Freqüências portadoras de grupo mestre e supergrupo mestre:
sistemas de 12 MHz: $\pm 5 \times 10^{-8}$;
sistemas de 60 MHz: $\pm 1 \times 10^{-8}$.

Cálculos feitos pelo CCITT indicam que, se forem seguidas estas recomendações, há aproximadamente 1% de probabilidade da diferença de freqüência entre os extremos da ligação exceder a 3 Hz, e menos de 0,1% de probabilidade dessa diferença exceder a 4 Hz.

b) Alinhamento dos osciladores mestres

O CCITT especifica ainda que, além das precisões recomendadas para as freqüências portadoras apresentadas no Item *a*, é necessário um alinhamento dos osciladores mestres nas várias estações onde ocorrem modulações, a fim de alcançar o objetivo.

Este alinhamento consiste na comparação de freqüência e ajuste, podendo ser feito da seguinte maneira:

– Sincronização: freqüências idênticas e relação entre fases fixas.
– Isosincronização: somente freqüências idênticas.
– Controle diferencial: diferenças fixas de freqüência em determinados intervalos.

Entretanto, o CCITT não recomenda nenhum método particular de controle dos osciladores mestres, indicando que é suficiente uma "rotina de comparação de freqüências" destes osciladores com um padrão nacional. Após a comparação, deve ser feito o ajuste manual ou automático, quando necessário. A rotina de comparação dos osciladores mestres deve ser feita através de pilotos de linha, gerados por este oscilador com este propósito.

8.8.4 - Sistema de Sincronismo da Embratel

O sistema da EMBRATEL atende às precisões especificadas no Item 8.8.1, recomendadas pelo CCITT para as freqüências portadoras dos diversos estágios de modulação. Em cada Estação Multiplex, estas precisões são alcançadas através da geração das diversas portadoras, partindo de um único oscilador mestre. Porém, a estabilidade destes osciladores mestre não é garantida indefinidamente mas, somente por um determinado período, de acordo com o fabricante. É necessário pois haver um sistema para realizar, periodicamente, o alinhamento dos osciladores mestre.

A Fig. 8.34 apresenta o diagrama em bloco do sistema de alinhamento dos osciladores mestre utilizado pela EMBRATEL.

Esta energia indesejável é denominada *resíduo* ou *escape de portadora*. Um alto resíduo de portadora ocasiona diafonia (explicada adiante), além de carregar desnecessariamente os amplificadores do multiplex. A quantidade tolerável de resíduo de portadora é especificada em decibéis abaixo do nível nominal de referência (*dBmO*).

A medida de resíduo de portadora é, geralmente, feita à saída de cada equipamento de translação, sendo o medidor utilizado um voltímetro seletivo.

O CCITT estabelece para as portadoras de canal, que o nível absoluto de potências das fugas deve ser inferior aos seguintes valores:

Fuga de portadora medida em um canal . . . . . – 26 *dBmO*.
Soma das potências de fuga de portadoras dos vários canais, medida num grupo . . – 20 *dBmO*.

Para as demais portadoras, o CCITT adota os seguintes Limites:

Fuga de portadora de grupo . . . . . – 47 *dBmO*.
Fuga de portadora de supergrupo . . . . . – 50 *dBmO*.
Fuga de portadora de grupo mestre . . . . . – 45 *dBmO*.
Fuga de portadora de supergrupo mestre . . . . . – 50 *dBmO*.
Fuga de portadora do conjunto básico de 15 supergrupos . . . . . – 50 *dBmO*.

8.10 – DIAFONIA

Quando mais de um canal de comunicações é usado sobre um mesmo meio de transmissão, ocorre uma certa fuga da corrente útil da informação, de um canal para outro. Esta transferência de energia de um canal para outro, constitui o fenômeno da *diafonia*.

A natureza da diafonia é freqüentemente descrita como *inteligível* ou *ininteligível*.

A *diafonia inteligível* ocorre quando a faixa de freqüência perturbadora tem a mesma orientação que a faixa perturbada, não havendo um deslocamento de freqüência, ou seja, é possível entender o sinal interferente. Este tipo de diafonia é o mais importante de todos, devido à perda de sigilo da comunicação telefônica.

Na *diafonia ininteligível* não é possível entender o sinal interferente. Este pode ter origem em fragmentação de sinais provenientes de diversas fontes, em produtos de intermodulação, ou quando a faixa de freqüência vocal perturbadora tem orientação contrária da faixa perturbada. Esta última causa ocorre quando os moduladores SSB não suprimem completamente uma das faixas.

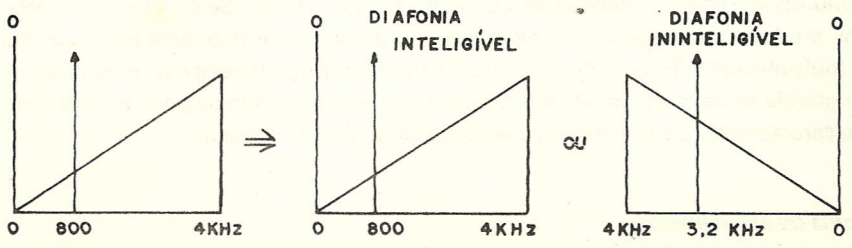


Fig. 8.35 – Diafonias inteligível e ininteligível.

Por exemplo: num sistema multiplex é enviado num canal um tom de 800 Hz; se aparecer, num canal adjacente, a mesma freqüência de 800 Hz, temos a diafonia inteligível. Entretanto, este tom pode aparecer também num outro canal com a freqüência 4 000 – 800 = 3 200 Hz, quando então temos a diafonia ininteligível.

A Fig. 8.35 ilustra ambos os casos.

8.10.1 – Causas da Diafonia

Existem, basicamente, três causas da diafonia nos sistemas multiplex:

– Não linearidade de componentes do sistema, originando a *diafonia não linear*;

– Resposta de freqüência inadequada de partes do sistema, originando a *diafonia de transmitância*;

– Acoplamento elétrico entre os meios de comunicação.

a) Diafonia não linear

Como o nome demonstra, a *diafonia não linear* é um resultado direto da presença de não linearidade num sistema multiplex. Esta diafonia existe quando os produtos de intermodulação de sinais presentes no multiplex, interferem num canal deste sistema. Por exemplo, se a freqüência dos pilotos do multiplex não for cuidadosamente escolhida, os produtos de intermodulação entre estes pilotos e os sinais de voz de um canal, ao serem transladados, podem coincidir com o espectro de freqüência de um outro canal transladado, produzindo perturbação no mesmo.

A diafonia não linear pode ser *inteligível* e *ininteligível*. Apesar desta última não ser tão perturbadora quanto a inteligível, é mais nociva que o ruído de intermodulação. Isto é devido à forma silábica (pode-se distinguir as sílabas) da diafonia ininteligível. Resultados de testes subjetivos mostraram que os espectros desta diafonia são 6 a 12 *dB* mais perturbadores que o ruído de intermodulação com a mesma potência.

b) Diafonia de transmitância

Diafonia de transmitância é a interferência causada por controle inadequado da resposta de freqüência de vários elementos de um sistema de transmissão. Um exemplo óbvio está no projeto do equipamento multiplex, isto é, combinação de moduladores e filtros. Se os filtros não rejeitam adequadamente os produtos indesejáveis dos moduladores, esses produtos podem produzir diafonia nos outros canais multiplexados. Essa diafonia pode ser *inteligível* ou *ininteligível*, podendo afetar canais individuais ou grande número de canais. A diafonia é dita de transmitância porque resulta do controle inadequado da característica de transferência ou transmitância dos sistemas.

c) Diafonia de acoplamento

O terceiro tipo de diafonia é também o mais importante e mais comum. É causado pelo acoplamento eletromagnético entre circuitos, fisicamente isolados.

Quando um sinal elétrico passa através de um condutor, ele faz com que surjam campos eletromagnéticos no espaço em torno do condutor. Esses campos variam em potência, de acordo com a potência do sinal que os gera. Quando esses campos encontram outros condutores, eles causam um fluxo de corrente no seu interior, devido ao acoplamento indutivo e capacitivo. O acoplamento indutivo é causado pelo campo magnético que rodeia o circuito perturbador, enquanto o acoplamento capacitivo resulta do campo elétrico.

Quanto maior for o acoplamento entre os circuitos, maior será a potência da diafonia que aparecerá no circuito perturbado. O acoplamento, geralmente, cresce em proporção à proximidade dos dois circuitos, seu comprimento e a freqüência do circuito perturbador. O acoplamento da diafonia transfere energia do sinal de um circuito para outro, numa região fixa, que é dependente da potência do sinal. Se o nível do sinal no circuito perturbador for reduzido, a diafonia ficará menor na mesma proporção.

Como podemos verificar, as duas primeiras causas da diafonia são diretamente relacionadas com o projeto do sistema multiplex, contribuindo, geralmente, muito pouco para a diafonia total, quando o equipamento é bem projetado.

8.10.2 – Medidas de Diafonia

De acordo com a correlação existente entre os canais interferentes e interferido, a diafonia é classificada em dois tipos: *diafonia próxima* ou *paradiafonia* e *diafonia distante* ou *telediafonia.*

a) Diafonia próxima ou paradiafonia

Este tipo ocorre entre canais localizados numa mesma terminal, podendo existir paradiafonia entre canais de um mesmo circuito, isto é, interferência entre a transmissão e recepção de um circuito, como entre canais de circuitos diferentes, isto é, interferência entre a transmissão de um circuito e a recepção de outro (Fig. 8.36).

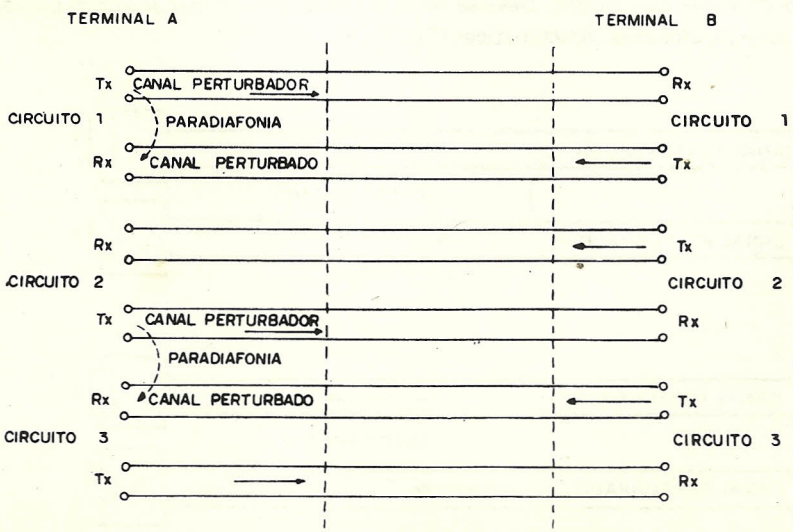


Fig. 8.36 – Paradiafonia.

b) Diafonia distante ou telediafonia

Este tipo ocorre entre canais localizados em terminais distantes, isto é, interferência entre a transmissão de um circuito e a recepção de outro circuito (Fig. 8.37).

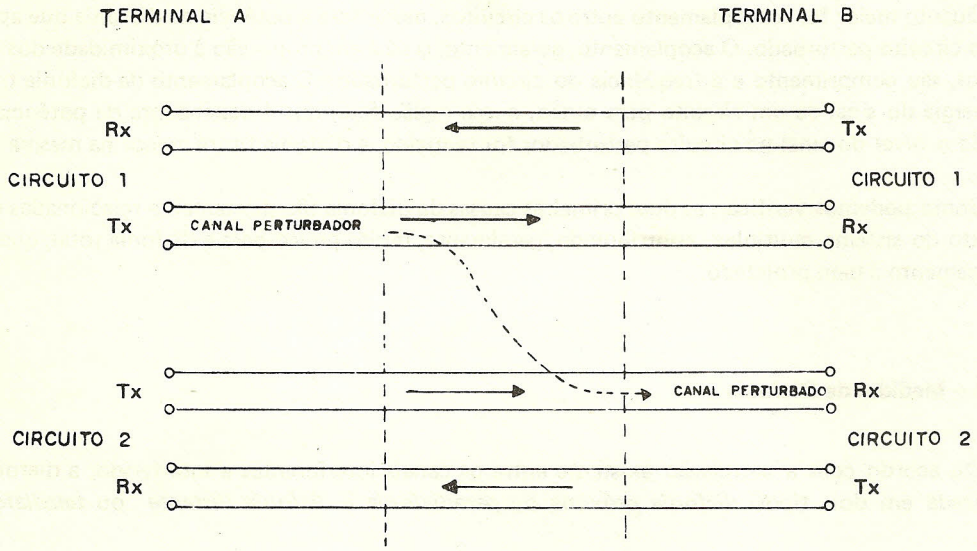


Fig. 8.37 – Telediafonia.

c) Métodos de medida

A diafonia é testada injetando-se um sinal na transmissão do canal perturbador, e medindo-se o mesmo na recepção do canal perturbado. Deve-se ter o cuidado de terminar as outras pontas, de ambos os canais, com suas impedâncias características (Fig. 8.38).

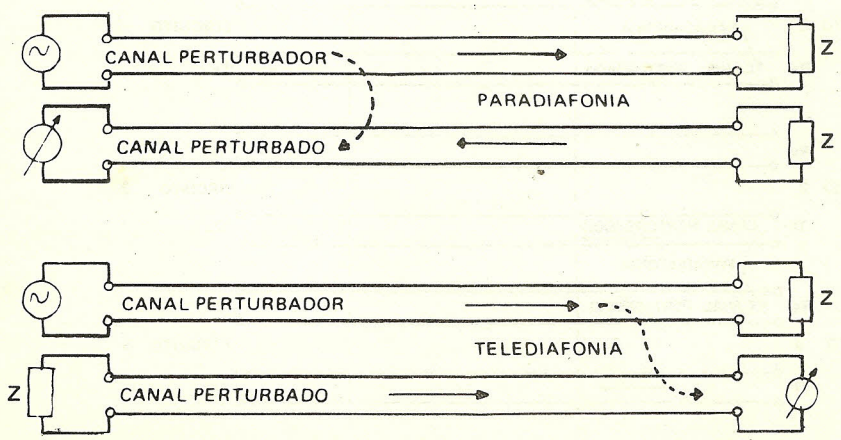


Fig. 8.38 – Medidas de diafonia.

O sinal medido no canal perturbado pode ser expresso de duas maneiras:

1) Atenuação de diafonia: que expressa a razão entre o nível do sinal perturbador e o nível do sinal recebido no canal perturbado.

2) Relação sinal diafonia: que expressa a razão entre o nível relativo no ponto de medida e o nível de diafonia medido.

A relação entre estas duas maneiras de expressar a diafonia é calculada da seguinte forma:

– Atenuação de diafonia entre dois pontos = $X\,dB$.

– Nível relativo no ponto de medida = $Y\,dBr$.

– Nível relativo onde o sinal perturbador é injetado = $Z\,dBr$.

$$\text{Relação sinal/diafonia} = X - (Z - Y)\,dB.$$

O CCITT recomenda os seguintes métodos para obtenção da diafonia:

1) Medida da diafonia tendo como sinal perturbador somente uma freqüência, 800 ou 1000 Hz com 0 $dBmO$.

2) Medida da diafonia tendo como sinal perturbador diversas freqüências, como por exemplo: 500, 1000 e 2000 Hz (0 $dBmO$). O resultado é a média dos valores encontrados para cada freqüência.

3) Medida da diafonia tendo como sinal perturbador ruído branco com nível de 0 $dBmO$, sendo o medidor um psofômetro.

4) Medidas subjetivas utilizando conversação através do canal perturbador e ouvintes no canal perturbado.

Quanto aos limites da diafonia nos circuitos, o CCITT especifica:

– Relação sinal/telediafonia ou sinal/paradiafonia (somente diafonia inteligível) entre circuitos diferentes: maior que 65dB. Entretanto, o CCITT aceita o Limite de 58dB para os seguintes casos: circuitos via satélite, circuitos via sistemas coaxiais e circuitos com constituição muito longas.

– Relação sinal/paradiafonia num mesmo circuito:

Para circuitos telefônicos comuns: 43dB.
Para circuitos que interligam concentradores de voz (será explicado em 10.7): maior que 58dB.
Para circuitos usados com supressor de eco (será explicado em 8.12): melhor que 55dB.

8.11 – DISTORÇÃO POR DESCASAMENTO

Como já vimos no Cap. 7, se num sistema de transmissão houver um descasamento num determinado ponto, a atenuação do sinal não será muito grande, porém teremos uma reflexão de parte da energia do sinal que irá interferir com a onda incidente.

Nos sistemas de comunicações é comum expressar-se o grau de descasamento entre a carga e o sistema, pela *perda de retorno* (PR).

$$PR = 10 \log \frac{P_i}{P_r}\ dB = 20 \log \frac{Z_c + Z_o}{Z_c - Z_o}\ dB$$

onde:

P_i = potência incidente
P_r = potência refletida

Z_o = impedância característica

Z_c = impedância da carga

Como é praticamente impossível conseguir-se um casamento perfeito entre as diversas interfaces num sistema de comunicações, sempre existirão ondas refletidas. Nos sistemas multiplex, efeitos indesejáveis, tais como ecos e oscilações, podem ser causados por uma perda de retorno muito baixa em algum ponto.

8.11.1 – Medida da Perda de Retorno

A medida do grau de descasamento, em sistemas multiplex, é feita por intermédio de um equipamento, baseado na Fig. 8.39.

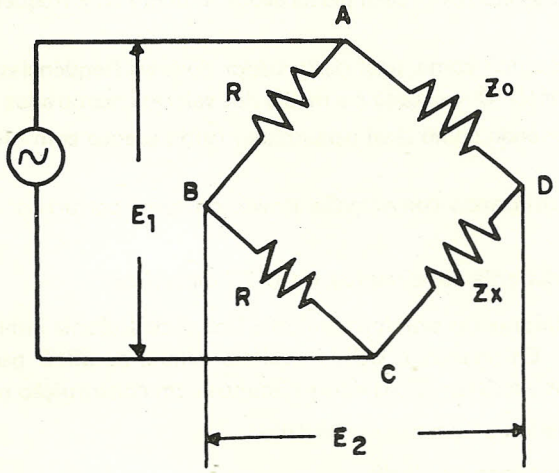


Fig. 8.39 – Medidor de perda de retorno.

Um gerador com *f.e.m* E_1 na freqüência que se deseja calcular a perda de retorno, é ligado aos pontos *A* e *C*, onde os braços *AB* e *BC* têm resistências iguais, o braço *AD* tem uma impedância padrão, e o braço *DC* é ligado ao ponto que se deseja medir.

Como sabemos:

$$E_2 = \frac{E_1}{2} - \frac{Z_x}{Z_o + Z_x} E_1 .$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{1}{2} - \frac{Z_x}{Z_o + Z_x} = \frac{Z_o - Z_x}{2(Z_o + Z_x)} \therefore \frac{E_1}{E_2} = 2\left(\frac{Z_o + Z_x}{Z_o - Z_x}\right)$$

$$20 \log \frac{E_1}{E_2} = 20 \log 2 + 20 \log \left(\frac{Z_o + Z_x}{Z_o - Z_x}\right) \therefore 20 \log \frac{E_1}{E_2} - 6dB = \underbrace{20 \log \left(\frac{Z_o + Z_x}{Z_o - Z_x}\right)}_{\text{perda de retorno}}$$

Deste modo, ser fizermos a medida da atenuação entre os níveis E_1 e E_2 e subtraírmos 6*dB* do resultado, obteremos a perda de retorno.

8.11.2 – Perda de Retorno das Híbridas

Todas as interfaces do sistema multiplex devem ter uma alta perda de retorno, porém o ponto mais crítico que influencia diretamente no eco e na estabilidade das ligações telefônicas, como será visto nos Itens 8.12 e 8.13, é o da interface entre a híbrida e o circuito a 2 fios. Neste ponto, a perda de retorno é chamada *perda de retorno de balanço* ou *perda de retorno de equilíbrio*.

Para fins de projeto da híbrida, a perda de retorno nos lados de 2 ou 4 fios deverá ser, por padronização, maior que 16 *dB*, em relação a uma resistência pura de 600 *ohms*, estando os lados de 2 e/ou 4 fios terminados com suas impedâncias nominais (600 *ohms*).

Nas ligações telefônicas reais, os lados de 4 fios da híbrida estão ligados aos canais multiplex, que apresentam impedâncias nominais de 600 *ohms*. Entretanto, o lado de 2 fios da híbrida está ligado à linha a 2 fios, cuja impedância geralmente difere muito de 600 *ohms*, fazendo com que em alguns casos tenhamos perdas de retorno de equilíbrio de somente 3 *dB*, como veremos no Item 8.13.

Como a rede de balanceamento das híbridas é constituída normalmente por um resistor em série com um capacitor, esta não possui impedância constante na faixa de freqüências transmitidas. Isto ocorre também com a linha de 2 fios. Devido a isto, para a estabilidade das ligações telefônicas a perda de retorno deve ser considerada como um valor médio, na faixa de 300 Hz a 3 400 Hz, enquanto que, sob o ponto de vista de eco, a perda de retorno é um valor médio ponderado, sendo as freqüências de medição e os pesos de ponderação os seguintes:

500 Hz = 0,5
1 000 Hz = 1
1 500 Hz = 1
2 000 Hz = 1
2 500 Hz = 0,5 .

8.11.3 – Perda Trans-Híbrida

Esta é outra característica das híbridas, de grande importância para o eco e estabilidade das ligações telefônicas.

A perda trans-híbrida é a relação (em *dB*) entre a potência P_1 injetada no ponto 4 FR_x, e a potência P_2 medida no ponto 4 FT_x, conforme a Fig. 8.40. A potência P_2 é resultante da reflexão de P_1

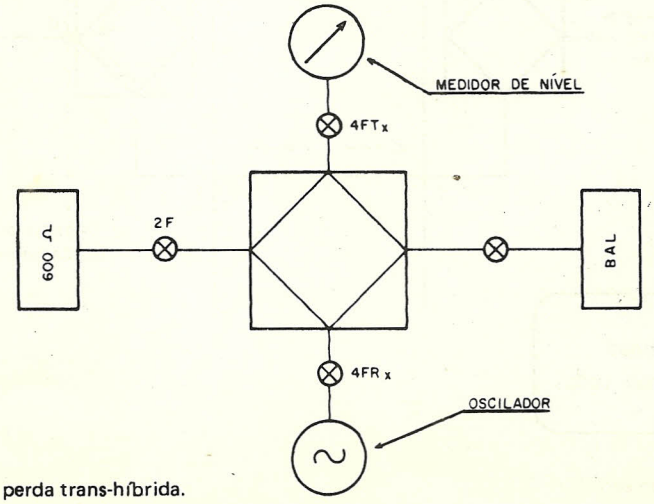


Fig. 8.40 – Medida da perda trans-híbrida.

na linha de $2F$, da reflexão de P_1 na rede BAL e da fuga de P_1 através da híbrida, por ser imperfeito o isolamento entre T_x e R_x.

A medida da perda trans-híbrida é feita ao longo da faixa de 300 a 3 400 Hz, com a híbrida terminada nas suas impedâncias nominais (600 *ohms*), devendo ser encontrado um valor maior que 40 *dB* para qualquer freqüência da faixa.

Entretanto, nas ligações telefônicas reais, o ponto *2F* da híbrida está ligado à linha a 2 fios, cuja impedância geralmente difere muito de 600 *ohms*, fazendo com que tenhamos em alguns casos perda trans-híbrida bem mais baixas.

8.12 – ECO

8.12.1 – Causa do Eco

O eco é um fenômeno que ocorre nas ligações telefônicas devido à reflexão de parte da energia transmitida, como mostra a Fig. 8.41, resultante do descasamento de impedância entre a híbrida distante e o circuito a 2 fios. Esta energia que retorna à sua fonte (ao assinante que fala), depende da diferença entre as impedâncias da rede de balanceamento da híbrida e do circuito a 2 fios, como já foi visto anteriormente, bem como da atenuação que o sinal refletido sofre no percurso *d-e-f-a*.

A percepção do eco pelo assinante transmissor, é função do tempo de propagação de ida e volta do sinal e da amplitude com que o sinal refletido chega ao terminal emissor.

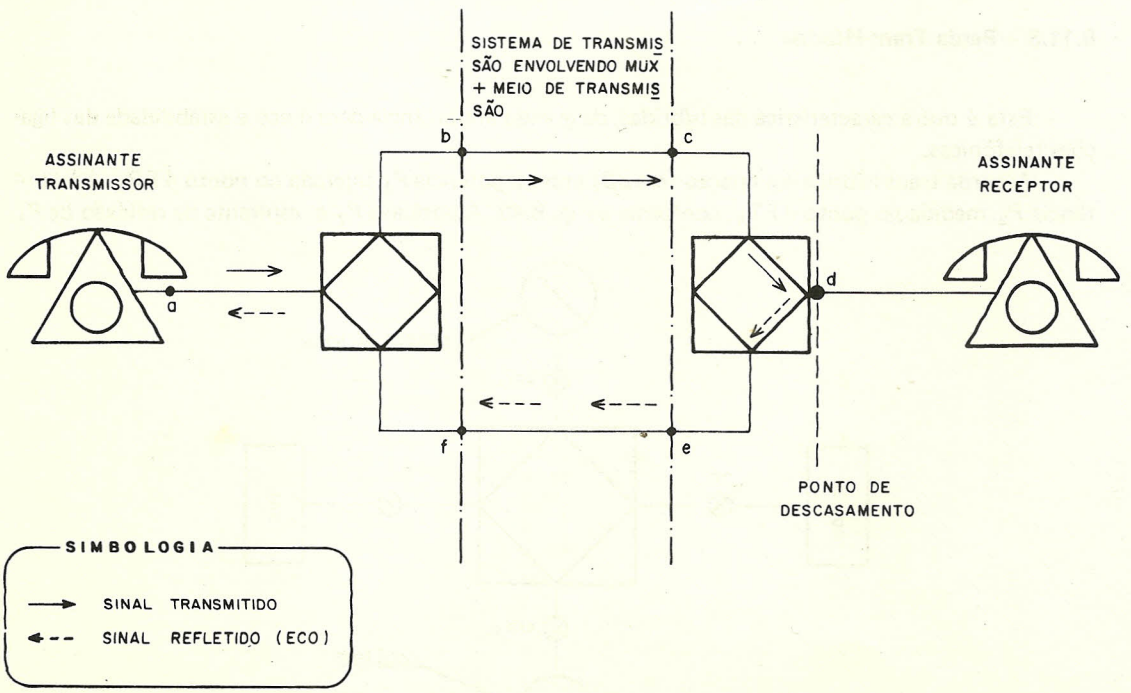


Fig. 8.41 – Fenômeno do eco.

Entretanto, esta percepção é bastante subjetiva pois, para uma mesma ligação telefônica estabelecida e diversos observadores, surgirão fatalmente opiniões diversas sobre a qualidade da ligação, no que diz respeito ao eco. Assim sendo, todos os estudos sobre o fenômeno do eco baseiam-se na média das opiniões emitidas em testes específicos, onde as condições de tempo de propagação e atenuação no percurso do sinal refletido foram mantidas sob controle.

Geralmente o eco ocorre em ligações telefônicas internacionais, onde as longas distâncias produzem tempos de propagação muito grandes, mesmo para os circuitos que empregam meios de transmissão cuja velocidade de propagação é alta, como é o caso de cabo coaxial (160 km/ms) e rádio micro-ondas (250 km/ms). Entretanto, pode ocorrer também em ligações telefônicas nacionais em países muito extensos, como é o caso do Brasil, bem como nos circuitos que empregam meios de transmissão de baixa velocidade, como é o caso de cabos pupinizados (cerca de 80 km/ms).

8.12.2 – Tolerância ao Eco

Experiências realizadas revelaram que existe uma correlação entre o tempo de propagação dos sinais no percurso *a-b-c-d* (Fig. 8.41), chamado *tempo médio de propagação numa direção*, e a atenuação total no percurso *a-b-c-d-e-f-a*, chamada *equivalente de referência no percurso do eco*, para que o mesmo seja tolerável pelo observador médio. Isto quer dizer que, para um dado tempo de propagação, o eco será tão mais intolerável quanto menor for a atenuação no percurso, e vice-versa.

É importante observar que o tempo de propagação dos sinais no percurso *a-b-c-d*, é idêntico ao tempo de propagação no percurso *d-e-f-a*, ou seja, o tempo que o assinante leva para escutar o eco é duas vezes o tempo médio de propagação numa direção.

Destas experiências resultaram dois conjuntos de curvas apresentadas na Fig. 8.42, relacionando o tempo médio de propagação numa direção (em ms), com o valor mínimo do equivalente de referência no percurso do eco (em *dB*), para que o mesmo seja tolerável pelo observador médio. O primeiro conjunto de curvas indica uma probabilidade de 10% de observadores insatisfeitos, enquanto que o segundo conjunto indica uma probabilidade de somente 1% de observadores insatisfeitos, que é exatamente a indicada pelo CCITT para atender aos padrões de qualidade internacionais.

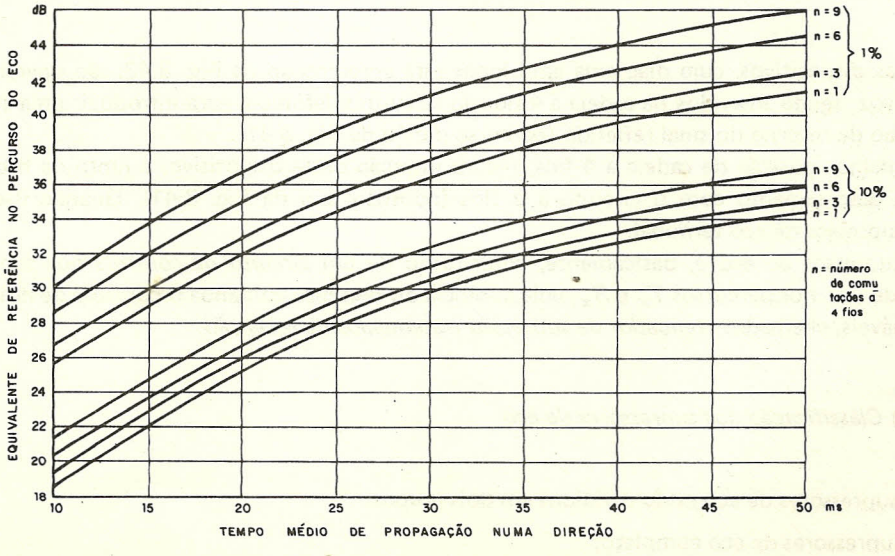


Fig. 8.42 – Tolerância ao eco.

8.12.3 – Limitações do Eco

Existem duas maneiras de se limitar o efeito do eco numa ligação telefônica:

a) Pelo ajuste do valor do equivalente de referência no percurso do eco

Para se limitar o eco desta maneira, deve-se inicialmente calcular o tempo médio de propagação numa direção, levando em conta as velocidades de propagação do sinal no circuito utilizado na ligação telefônica.

Com o valor deste tempo médio e com o número de comutações a 4 fios, que foram empregadas na ligação telefônica, verifica-se no gráfico da Fig. 8.42 (curvas de 1% de insatisfação), qual a atenuação mínima do equivalente de referência no percurso do eco, para que o mesmo seja tolerável.

A diferença entre esse valor mínimo encontrado no gráfico, e a atenuação real existente no percurso do eco da ligação telefônica, é a atenuação que deve ser acrescida no circuito para que o eco seja tolerável.

Entretanto, não é possível introduzirem-se indiscriminadamente atenuações nas ligações telefônicas para tornar o eco tolerável, pois isto viria a afetar o nível do próprio sinal transmitiddo, perturbando deste modo a conversação. Devido a isto, só se atua no equivalente de referência no percurso do eco até 25 ms de tempo médio de propagação numa direção. A partir deste valor utiliza-se o segundo processo de limitação do eco.

No Sistema Nacional, para se limitar o eco em ligações telefônicas com até 25 ms de tempo médio de propagação numa direção, adota-se um valor mínimo de 15*dB* de perda de retorno, medida conforme o item 8.11.2.

b) Pelo emprego de supressores de eco

b.1) Diagrama em blocos

Estes dispositivos, cujo diagrama em blocos está apresentado na Fig. 8.43, são operados pelos sinais de voz, sendo inseridos na cadeia a 4 fios do circuito telefônico, para introduzir uma atenuação no caminho de retorno do sinal refletido (percurso *d-e-f-a* da Fig. 8.41).

A melhor posição da cadeia a 4 fios, para a inserção deste dispositivo, é junto da híbrida que apresenta descasamento com o circuito a 2 fios (pontos *c* e *a* da Fig. 8.41). Quando isto ocorre, temos o supressor de eco terminal.

O supressor de eco é, basicamente, constituído de um *circuito de controle* que supervisiona os sinais de voz nos percursos T_x e R_x, cuja ausência ou presença comanda o controle de dois atenuadores variáveis, chamados *atenuador de supressão* e *atenuador de recepção.*

b.2) Classificação dos supressores de eco

Os supressores de eco estão divididos em dois grupos:

– Supressores de eco completo;

– Semi-supressores de eco.

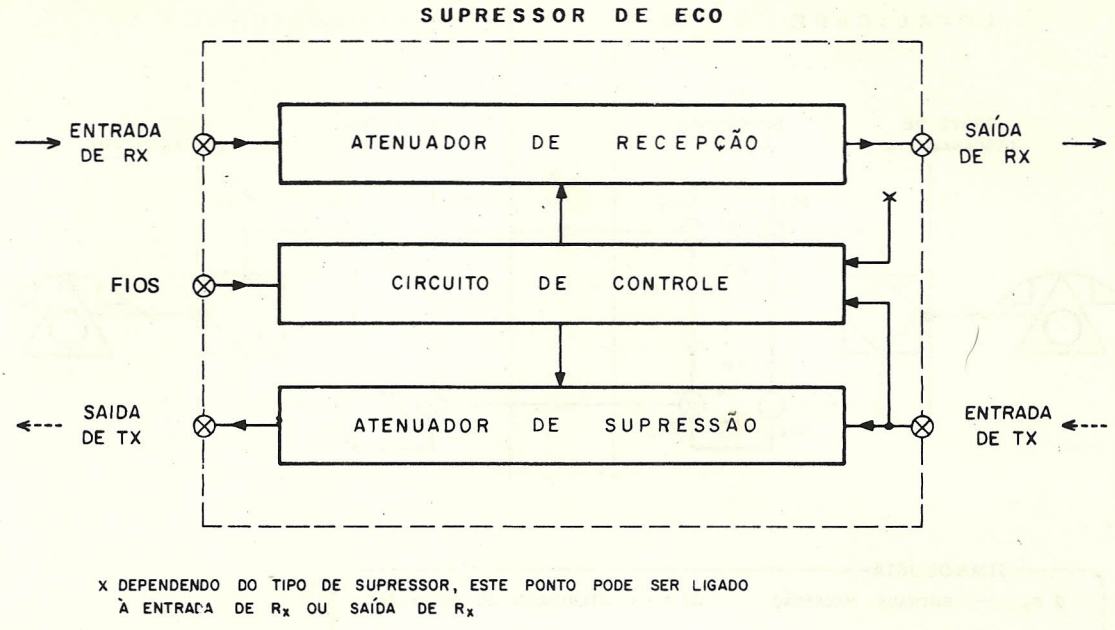


Fig. 8.43 – Supressor de eco.

Para melhor entender esta classificação, é necessário verificarmos as condições de ocorrência de eco numa ligação telefônica a longa distância, entre duas localidades *A* e *B*:

– Somente o assinante de *A* percebe eco devido a problemas de descasamento na híbrida da localidade *B*. Neste caso utiliza-se um semi-supressor de eco em *B*.

– Somente o assinante de *B* percebe eco devido a problemas de descasamento na híbrida da localidade *A*. Neste caso utiliza-se um semi-supressor de eco em *A*.

– Ambos os assinantes percebem eco. Neste caso teremos duas soluções possíveis:

1 – Utiliza-se um semi-supressor de eco em *A* e outro semi-supressor de eco em *B*, como mostra a Fig. 8.44.

2 – Utiliza-se um supressor de eco completo, que na verdade são dois semi-supressores juntos, colocado em qualquer posição da cadeia a 4 fios do circuito.

O CCITT ainda classifica os supressores em:

– Supressor de eco para pequenos tempos de propagação (tempos de propagação numa direção $\leqslant 50$ ms).

– Supressores de eco para grandes tempos de propagação (tempos de propagação numa direção > 50 ms).

b.3) *Funcionamento do supressor de eco*

Vamos explicar o funcionamento dos supressores de eco da Fig. 8.44 que, de acordo com a classificação, são semi-supressores de eco.

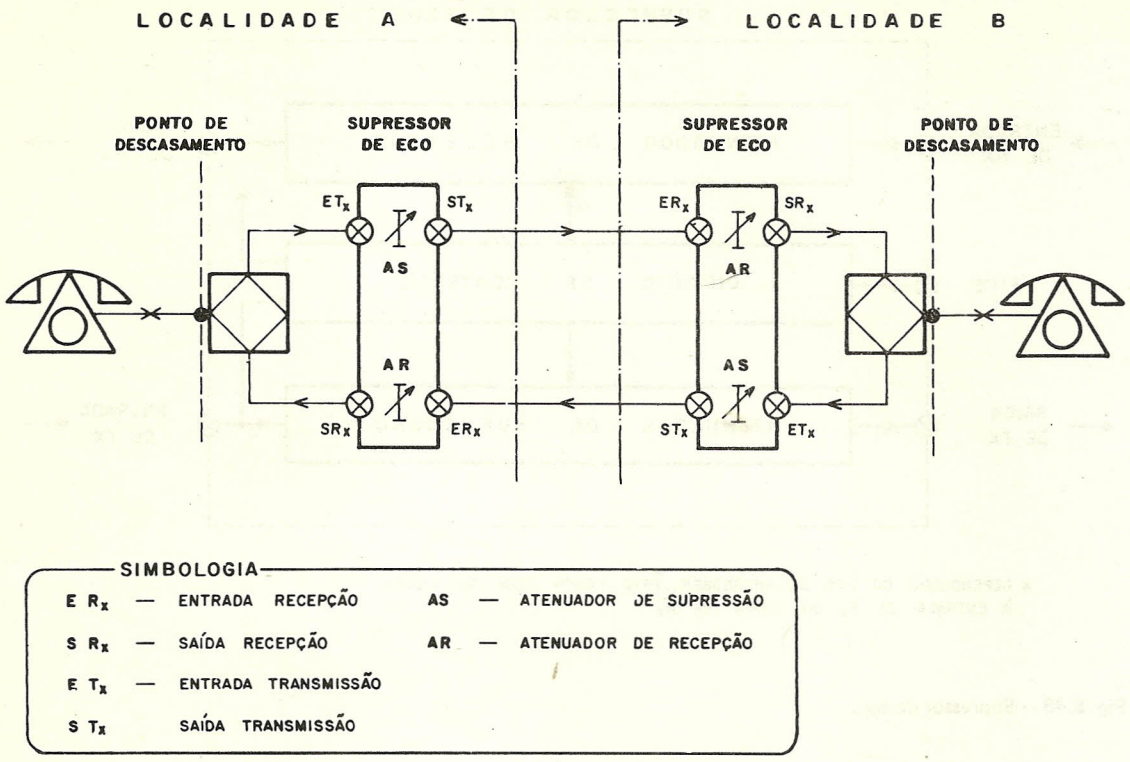


Fig. 8.44 – Funcionamento do supressor de eco.

Consideremos o semi-supressor de eco da localidade *B* e as diversas condições de transmissão de voz de uma localidade para outra:

– Quando não existem sinais de voz sendo transmitidos de *A* para *B*, nem de *B* para *A*, os atenuadores de supressão e de recepção têm atenuação de 0 *dB*.

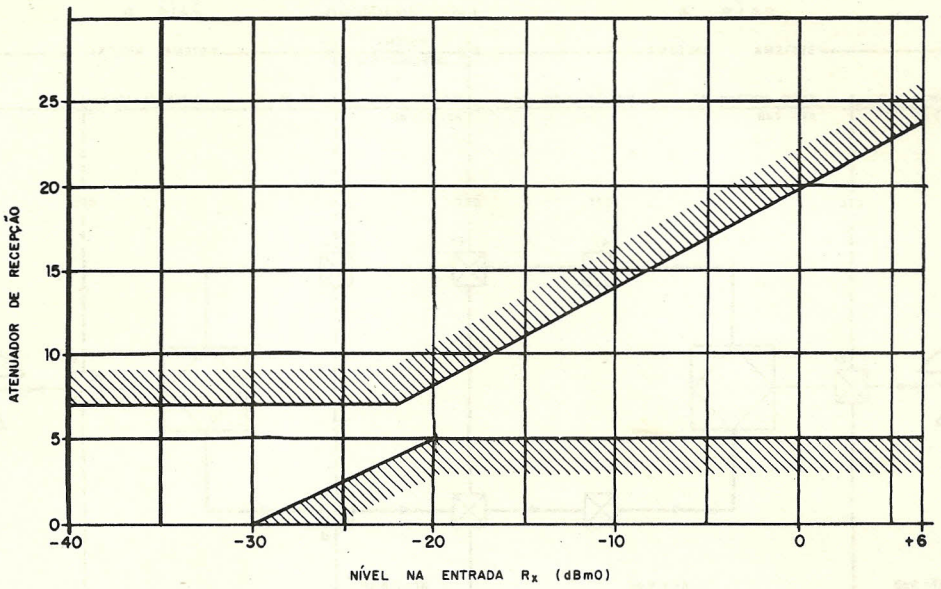
– Quando existem sinais de voz sendo transmitidos de *A* para *B*, o atenuador de recepção tem um valor de 0 *dB*, e o de supressão tem uma atenuação mínima de 50 *dB*, impedindo deste modo que chegue sinal refletido para o assinante em *A*.

– Quando existem sinais de voz sendo transmitidos de *B* para *A*, o atenuador de supressão tem um valor de 0 *dB*, e o de recepção uma atenuação máxima de 7 *dB*.

– Quando existem sinais de voz sendo transmitidos de *A* para *B*, bem como de *B* para *A*, isto é, os dois assinantes falam ao mesmo tempo, o atenuador de supressão terá um valor de 0 *dB*, enquanto que o de recepção terá uma atenuação variável, conforme o nível dos sinais recebidos pelo circuito de controle no ponto ER_x (Fig. 8.44), que é dado pela curva da Fig. 8.45. Deste modo será possível a transmissão de voz simultânea nas duas direções, bem como uma minimização do eco.

Esse tipo de operação só é executado pelo supressor de eco, quando o seu circuito de controle é do tipo *diferencial*, que é o diagrama da Fig. 8.43. Se o circuito de controle não é do tipo diferencial, teremos as seguintes condições:

1 – Quando estiver sendo utilizado somente um semi-supressor, por exemplo o da localidade *B*, durante a transmissão de voz de *A* para *B*, o atenuador de supressão terá um valor mínimo de 50 *dB*, inibindo a transmissão de sinais de *B* para *A* durante este período.



Os valores da atenuação estão na área não hachurada

Fig. 8.45 – Curva de variação do atenuador de recepção.

2 – Quando estiverem sendo utilizados dois semi-supressores de eco, ou um supressor completo, quando houver transmissão de voz simultânea, a recepção em ambos os extremos sofrerá interrupções.

b.4) *Circuitos desativadores do supressor de eco*

Para outros tipos de sinais que não sejam voz, como por exemplo dados, que será explicado no Cap. 9, os supressores de eco provocam problemas de transmissão. Devido a isto, são incorporados ao supressor de eco dois tipos de circuitos, chamados "desativador por sinalização" (transmissão de sinalização MFC) e "desativador por tom" (transmissão de dados), cuja função é impedir o funcionamento do supressor de eco quando a informação transmitida não é o sinal de voz.

O "desativador por sinalização" é operado através da presença de um potencial de terra aplicado ao "fio S" (Fig. 8.43), ficando o supressor de eco inibido enquanto permanecer este potencial, a fim de permitir o envio da sinalização MFC.

O "desativador por tom" é operado através da presença de um tom de 2 100 Hz ± 15 Hz (– 12*dBm* ± 6*dB*), nos pontos ER_x ou ET_x, durante 400 mS, devendo a transmissão do sinal de dados iniciada imediatamente após. Se a transmissão de dados for interrompida durante 200 mS ou mais, o supressor de eco volta ao funcionamento normal, sendo necessário novamente o envio do tom de 2 100 Hz para reiniciar o processo.

Exemplo 10:

Verificar qual o método de limitação a ser empregado num circuito internacional (Fig. 8.46), em que os assinantes do país *A* estavam insatisfeitos com as ligações telefônicas com o país *B*, devido ao problema de eco.

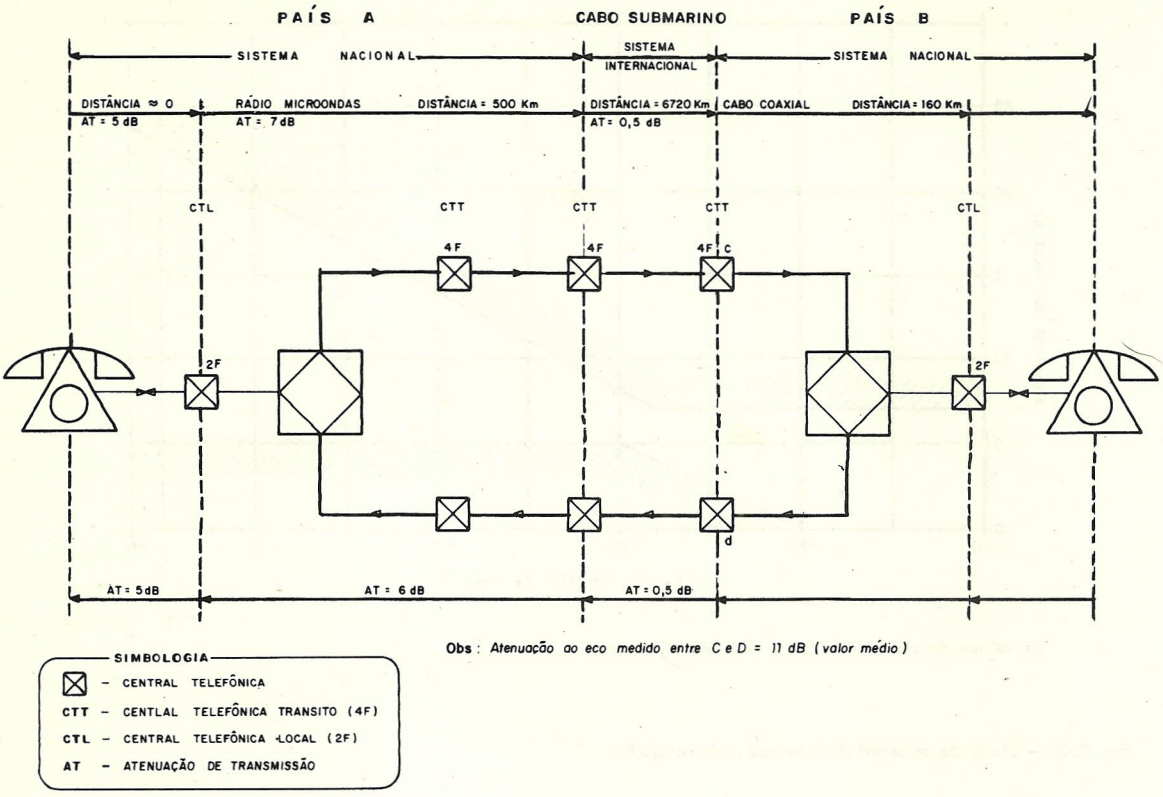


Fig. 8.46 – Cálculo do equivalente de referência no percurso do eco e do tempo médio de propagação numa direção.

Solução

Inicialmente calcularemos o tempo médio de propagação numa direção, levando em conta os meios de transmissão utilizados:

$$\text{– País } A: \frac{500\,\text{km}}{250\,\text{km/ms}} = 2\,\text{ms}$$

$$\text{– Sistema internacional: } \frac{6\,720\,\text{km}}{160\,\text{km/ms}} = 42\,\text{ms}$$

$$\text{– País } B: \frac{160\,\text{km}}{160\,\text{km/ms}} = 1\,\text{ms}.$$

Logo, o tempo médio de propagação numa direção será: 2 + 42 + 1 = 45 ms.

Pela Fig. 8.46, o número de comutações a 4 fios será igual a 3.

Entrando com estes valores no gráfico da Fig. 8.42 (curvas de 1%), encontramos um valor mínimo para o equivalente de referência no percurso do eco, de aproximadamente 44 *dB*.

A fim de calcular o equivalente de referência existente no percurso do eco, é necessário sabermos a atenuação ao eco entre os pontos *c* e *d*.

Para medir esta atenuação, liga-se um gerador de sinais senoidais em *c* e um medidor de nível em *d*, ambos com as impedâncias dos respectivos pontos. A atenuação será dada por um valor médio ponderado, cujas freqüências e pesos já foram dados no Item 8.11. O valor encontrado é de 11 *dB*.

O equivalente de referência no percurso do eco será então: 5 + 7 + 0,5 + 11 + 0,5 + 6 + 5 = = 35 *dB*.

Como este valor é menor que o valor mínimo para limitar o eco, necessitaríamos de uma atenuação suplementar de 44 – 35 = 9 *dB*. Porém, como o tempo médio de propagação numa direção já é maior que 25 ms, para limitar o eco deveremos utilizar supressores de eco no País *B*.

8.13 – ESTABILIDADE DAS LIGAÇÕES

8.13.1 – Definição

A *estabilidade de uma ligação* é , por definição, o maior acréscimo de ganho (em *dB*) que pode ser adicionado ao ganho de um circuito em operação normal, sem provocar oscilação. Este ganho suplementar deve ser introduzido em qualquer ponto, de maneira análoga e simultânea, nas duas direções de transmissão.

Seja por exemplo a ligação telefônica da Fig. 8.47, na qual temos *n* amplificações na cadeia a 4 fios. Se num ponto qualquer *A* introduzirmos dois amplificadores variáveis idênticos, um em cada direção de transmissão, aumentando gradativamente o nível de ambos, chegaremos a um ponto de S/2 *dB* de ganho de cada amplificador, além do qual o circuito oscilará. O ganho total dos dois amplificadores exprime a estabilidade da ligação telefônica – S *dB*.

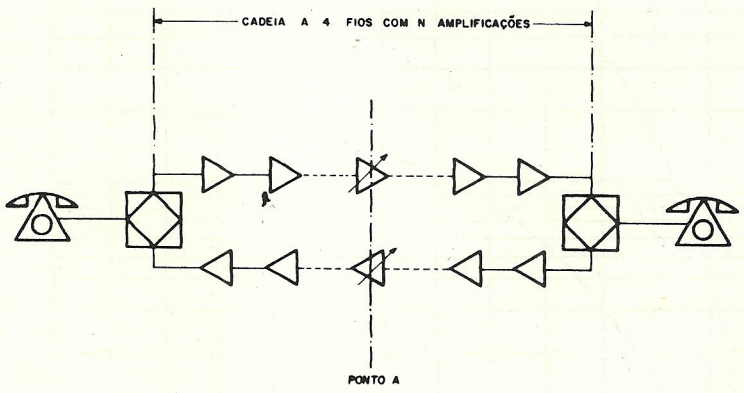


Fig. 8.47 – Estabilidade de uma ligação telefônica.

8.13.2 – Fatores que Afetam a Estabilidade

Uma vez estabelecida a atenuação que um sinal sofre ao ser transmitido num circuito, os fatores que podem afetar a sua estabilidade são os seguintes:

a) A distorção por atenuação do circuito (vide Item 8.2);

b) A perda de retorno de equilíbrio

No Sistema Nacional, para garantir uma estabilidade de 0,01% (100 ligações por milhão poderão oscilar), adota-se um valor mínimo de perda media de retorno de 6*dB*, com um desvio padrão de 2,5*dB*, medida conforme o item 8.11.2;

c) A variação relativa do nível de transmissão nos circuitos (vide Item 8.7);

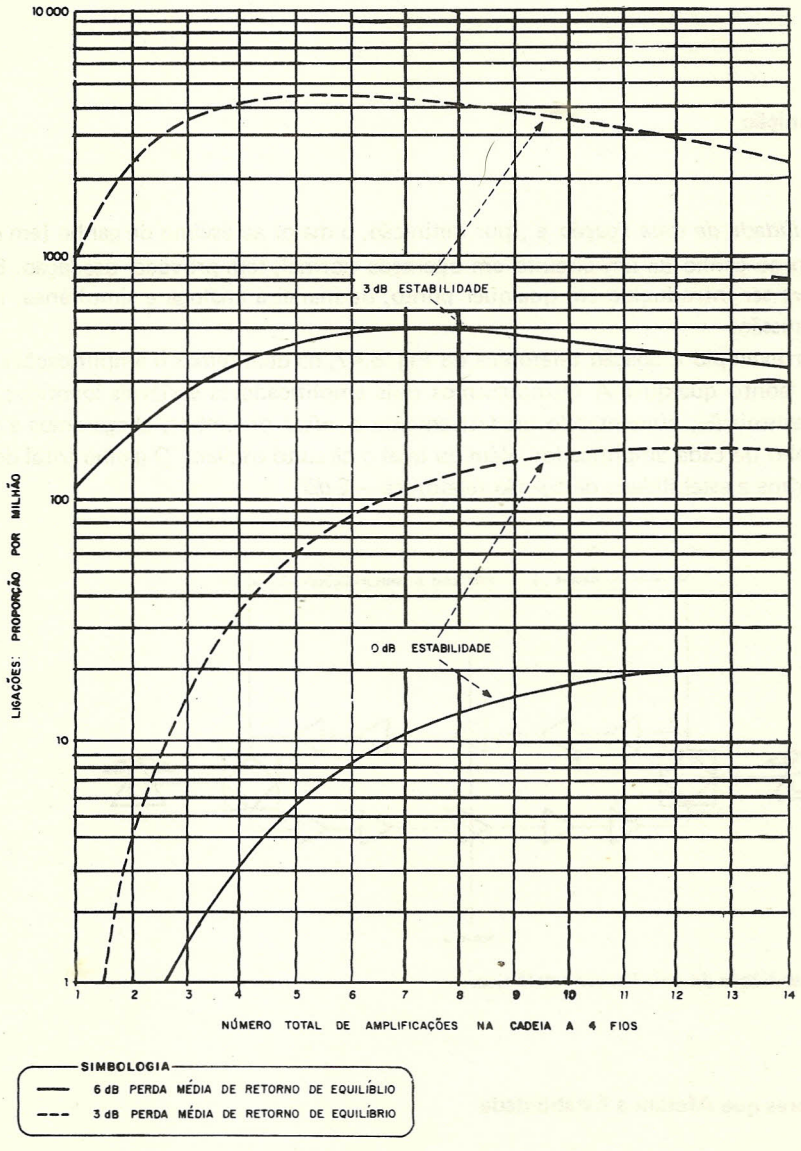


Fig. 8.48 – Estabilidade nas ligações.

d) A variação do nível de transmissão com o tempo. Para que este fator não venha a afetar a estabilidade das ligações telefônicas, o CCITT estabelece os seguintes objetivos:

– O desvio padrão da variação de atenuação de um circuito ao longo do tempo não deve exceder a 1 *dB*;

– A diferença entre o valor médio de atenuação ao longo do tempo, e o valor nominal de atenuação de um circuito, não deve exceder a 0,5 *dB*.

Se todos os fatores *a, b, c* e *d* forem mantidos dentro das especificações estabelecidas, a probabilidade de oscilação será muito remota, isto é, será muito difícil termos ligações com estabilidade igual ou menor que o *dB*. Para verificar isto, o CCITT calculou a proporção, por milhão de ligações, de ocorrerem estabilidades de 0 *dB* e 3 *dB*, quando se consideram perdas de retorno de equilíbrio de 6*dB* e 3 *dB*, apresentando estes valores no gráfico da Fig. 8.48.

Para verificar os conhecimentos adquiridos, responda ao questionário relativo aos assuntos aqui abordados, existentes no final do volume.

9

Usos Especiais do Multiplex

Além do uso para telefonia, as facilidades do sistema multiplex podem ser utilizadas para transmissão de telegrafia, dados, facsímile, sinais compostos, música etc., mediante o uso do *centro de áudio* e do *equipamento de modulação de programa*, como será visto adiante.

9.1 – TRANSMISSÃO DE SINAIS TELEGRÁFICOS

9.1.1 – Introdução

Por telegrafia compreende-se o processo de transmitir e reproduzir impulsos elétricos padronizados e convenientemente agrupados em códigos, que representam sinais gráficos (alfabéticos, numéricos e símbolos), e comandos das máquinas teleimpressoras, conhecidos como caracteres.

Os teleimpressores são máquinas que codificam os sinais gráficos e comandos em impulsos elétricos e vice-versa. Na telegrafia cada símbolo é codificado por meio de elementos que podem assumir um de dois estados possíveis. Esse código é chamado de binário e o mais conhecido é o nº 2 do CCITT, que utiliza 5 elementos para codificar cada sinal gráfico ou comando, permitindo portanto produzir até 32 (2^5) caracteres.

Existem dois modos de transmissão dos caracteres telegráficos: assíncrono e síncrono.

Em telegrafia que utiliza o modo de transmissão assíncrono, na verdade o sinal que representa um caracter é composto de sete elementos, ou seja, dois a mais que o necessário para compor o código, isto porque utiliza um elemento indicativo de partida ("start"), antes dos cinco representativos do código, e outro depois, indicativo de parada ("stop").

A Fig. 9.1 simboliza um sinal assíncrono típico, onde pode-se notar a presença dos elementos de partida e de parada (o tempo desse último é uma vez e meia a dos demais), que são usados para separar os caracteres e sincronizar as teleimpressoras transmissora e receptora.

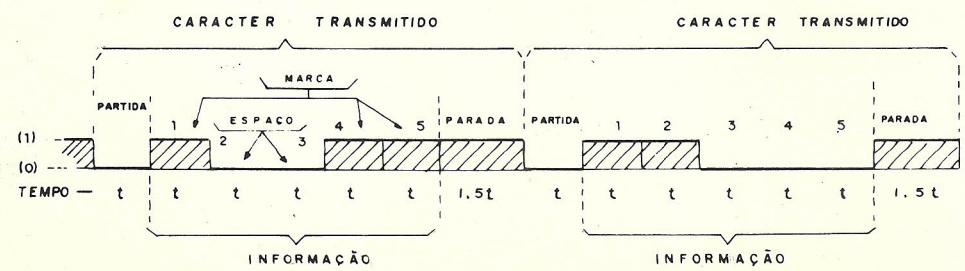


Fig. 9.1 – Sinal assíncrono.

d) A variação do nível de transmissão com o tempo. Para que este fator não venha a afetar a estabilidade das ligações telefônicas, o CCITT estabelece os seguintes objetivos:

– O desvio padrão da variação de atenuação de um circuito ao longo do tempo não deve exceder a 1 *dB*;

– A diferença entre o valor médio de atenuação ao longo do tempo, e o valor nominal de atenuação de um circuito, não deve exceder a 0,5 *dB*.

Se todos os fatores *a, b, c* e *d* forem mantidos dentro das especificações estabelecidas, a probabilidade de oscilação será muito remota, isto é, será muito difícil termos ligações com estabilidade igual ou menor que o *dB*. Para verificar isto, o CCITT calculou a proporção, por milhão de ligações, de ocorrerem estabilidades de 0 *dB* e 3 *dB*, quando se consideram perdas de retorno de equilíbrio de 6*dB* e 3*dB*, apresentando estes valores no gráfico da Fig. 8.48.

Para verificar os conhecimentos adquiridos, responda ao questionário relativo aos assuntos aqui abordados, existentes no final do volume.

Na transmissão síncrona o sinal que representa um caracter não possui os elementos de partida ("start") e parada ("stop"), porém isto exige máquinas teleimpressoras mais complexas, sendo por isto um modo de transmissão telegráfica pouco usada atualmente.

Os impulsos elétricos (mudança de estado de uma tensão ou corrente) que compõem os sinais telegráficos, são classificados em *marca* e *espaço*, podendo ser obtidos pelos teleimpressores de duas maneiras:

– *Sistema de corrente simples ou neutral*, onde uma CC (corrente contínua) em qualquer direção representa *marca* e ausência de CC representa *espaço*.

– *Sistema de corrente dupla ou polar*, onde uma CC numa direção representa *marca* e CC na direção oposta representa *espaço*.

A Fig. 9.2.*a* representa a letra *R* no sistema neutral, enquanto que a Fig. 9.2.*b* representa a mesma letra no sistema polar.

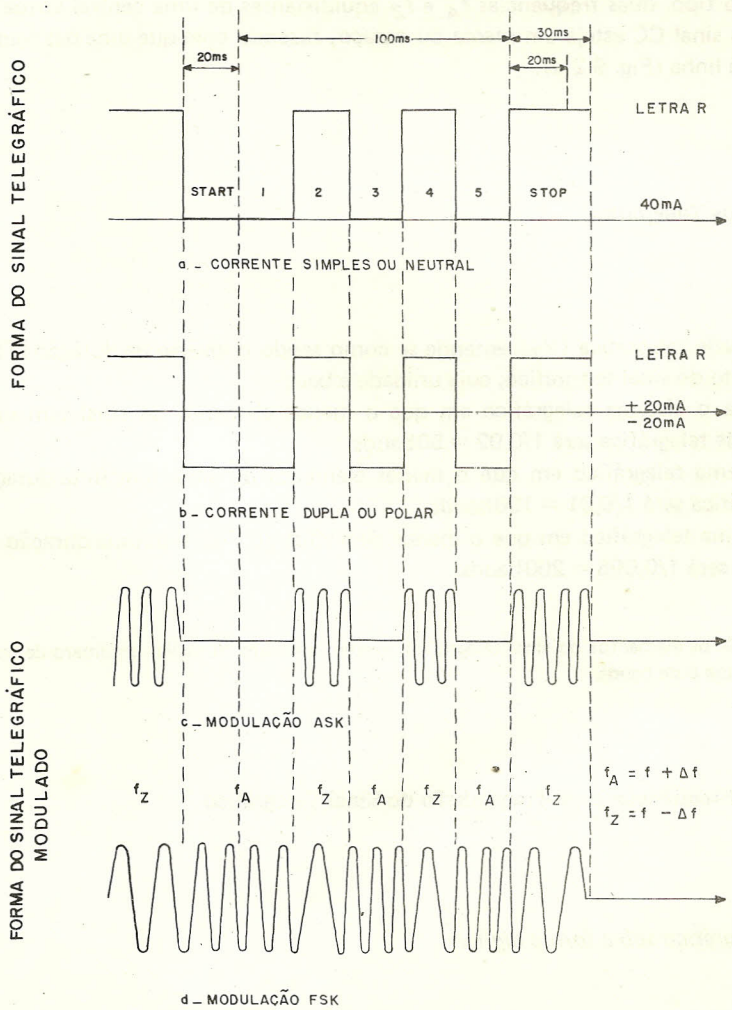


Fig. 9.2 – Tipos de transmissão telegráfica.

9.1.2 – Meios de Transmissão

Os meios de transmissão utilizados pela telegrafia, são os mesmos que os adotados pela telefonia. Assim, nos centros urbanos onde as distâncias não são grandes, utilizam-se cabos de pares. Para as distâncias longas são empregadas linhas abertas, sistemas de rádio etc.

Na transmissão através de par de fios, o sinal telegráfico é enviado sob a forma de pulsos de CC (sinais digitais), conforme já vimos no Item 9.1.1.

Na transmissão à longas distâncias, o sinal telegráfico é enviado sob a forma de sinais senoidais modulados pelos pulsos de CC, utilizando-se tanto a modulação em amplitude (ASK – "Amplitude Shift Keying"), como a modulação em freqüência (FSK – Frequency Shift Keying").

No primeiro tipo tem-se uma freqüência transmitida para a linha ou não, conforme o sinal CC esteja em *marca* ou *espaço* (Fig. 9.2.*c*).

No segundo tipo, duas freqüências f_A e f_Z eqüidistantes de uma central virtual f_c são transmitidas conforme o sinal CC esteja em *marca* ou *espaço*, fazendo com que uma das freqüências sempre esteja presente na linha (Fig. 9.2.*d*).

9.1.3 – Velocidade Telegráfica

Por velocidade telegráfica (V_T) entende-se como sendo o inverso da duração (T), em segundos, do menor elemento do sinal telegráfico, cuja unidade é baud.

Assim, para o sistema telegráfico em que o menor elemento do sinal tem uma duração de 20ms, a velocidade telegráfica será 1/0,02 = 50bauds.

Para o sistema telegráfico em que o menor elemento do sinal tem uma duração de 10ms, a velocidade telegráfica será 1/0,01 = 100bauds.

Para o sistema telegráfico em que o menor elemento do sinal tem uma duração de 5ms, a velocidade telegráfica será 1/0,005 = 200bauds.

Observação: Se os elementos do sinal telegráfico tiverem a mesma duração, o número de pulsos por segundo terá o mesmo valor que o de bauds.

9.1.4 – Faixa de Freqüências para Transmissão do Sinal Telegráfico

a) Sinal telegráfico sob a forma digital

Seja um trem de impulsos de corrente (Fig. 9.3) representando o sinal telegráfico sob a forma digital, o qual é aplicado ao par de fios (meio de transmissão) e que pode ser simulado, eletricamente, por um filtro passa-baixa com freqüência de corte F_c.

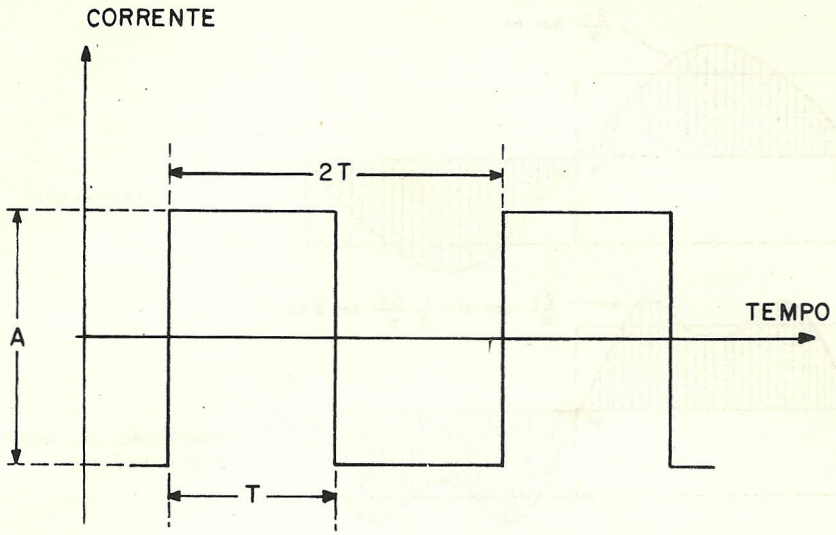


Fig. 9.3 – Impulsos de corrente.

Como sabemos, freqüência do sinal da Fig. 9.3 é dada por:

$$f = \frac{1}{2T} \quad Hz = \frac{\text{bauds}}{2}$$

Através de um artifício matemático chamado "Série de Fourier", é possível reconstituir uma onda quadrada a partir da correspondente senoide fundamental e das freqüências harmônicas de ordem ímpar. À medida que são incluídas as harmônicas de ordem superior, o sinal reconstituído aproxima-se cada vez mais da onda quadrada respectiva, e, dessa maneira, o erro existente tende a zero quando a ordem das harmônicas tende ao infinito.

A Fig. 9.4 ilustra o que foi dito quanto à reconstituição de uma onda quadrada a partir da senoide fundamental e suas harmônicas ímpares até a de 7ª ordem.

Se o receptor utilizado em telegrafia tivesse a necessidade de reconhecer a forma dos pulsos de corrente, o valor de F_c deveria ser calculado em função do número de harmônicas, como vimos no parágrafo anterior.

Entretanto, como veremos no Item 9.2.6, devido ao tipo de receptor empregado nas transmissões digitais, que recupera a forma dos sinais telegráficos, é suficiente que o meio de transmissão permita a passagem até a freqüência fundamental. Desse modo, teremos os seguintes valores para a freqüência de corte mínima ($F_{c_{mín.}}$), correspondentes às velocidades telegráficas:

$V_T =$ 50 bauds . . . . . , $F_{c_{mín.}} = 25\,Hz$

$V_T =$ 100 bauds . . . . . $F_{c_{mín.}} = 50\,Hz$

$V_T =$ 200 bauds . . . . . $F_{c_{mín.}} = 100\,Hz$

Como a faixa de freqüências disponível nos pares de fios da rede telefônica urbana é muito maior que os limites mínimos determinados, estes meios de transmissão não apresentarão restrições, quanto a freqüência, para a transmissão telegráfica.

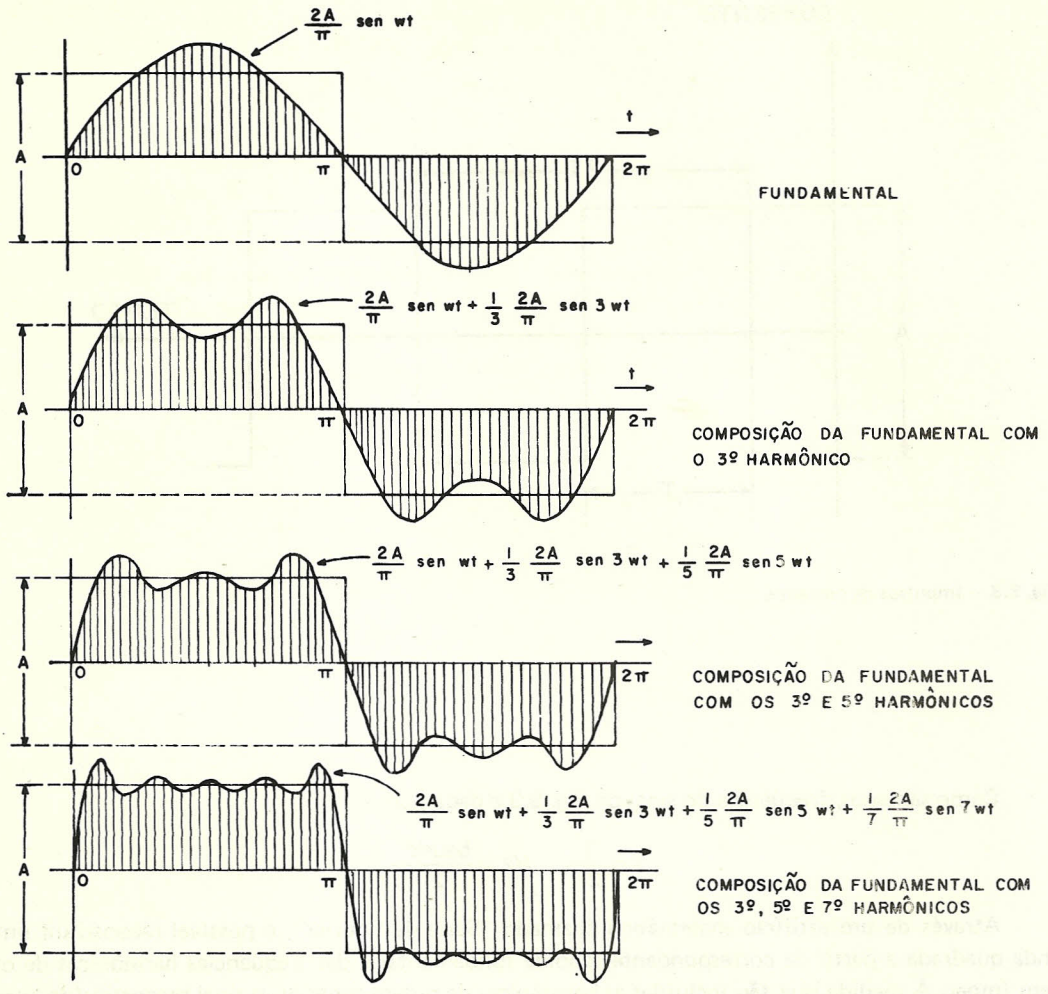


Fig. 9.4 – Composição da freqüência fundamental com respectivas harmônicas, reconstituindo uma onda quadrada.

b) Sinal telegráfico sob a forma de sinais senoidais

Para os sinais telegráficos enviados sob a forma de sinais senoidais modulados, temos dois casos distintos, de acordo com o processo de modulação:

b.1) Modulação ASK

Na modulação em amplitude, como foi calculado no Cap. 4, a faixa de freqüências do sinal modulado é $B = 2F$, onde F é a maior freqüência moduladora. Conforme vimos no item anterior, é suficiente que transmitamos a freqüência fundamental da onda quadrada, o que nos fornece os seguintes valores mínimos de faixa de freqüências necessária para esta transmissão:

V_T = 50 bauds . . . . . $B_{mín.}$ = 50 Hz
V_T = 100 bauds . . . . . $B_{mín.}$ = 100 Hz
V_T = 200 bauds . . . . . $B_{mín.}$ = 200 Hz

b.2) *Modulação FSK*

Como vimos no Item 9.1.2, a modulação FSK é basicamente formada por duas modulações ASK, em que as portadoras f_A e f_Z estão eqüidistantes Δf Hz de uma freqüência central virtual f. A Fig. 9.5 mostra a representação, no domínio da freqüência, das componentes do sinal modulado, onde Δf é chamado de *desvio de freqüência de modulação*, geralmente assumindo os seguintes valores padronizados pelo CCITT:

V_T = 50 bauds . . . . . $\Delta f = \pm$ 30 Hz
V_T = 100 bauds . . . . . $\Delta f = \pm$ 60 Hz
V_T = 200 bauds . . . . . $\Delta f = \pm$ 90 Hz ou $\pm$ 120 Hz

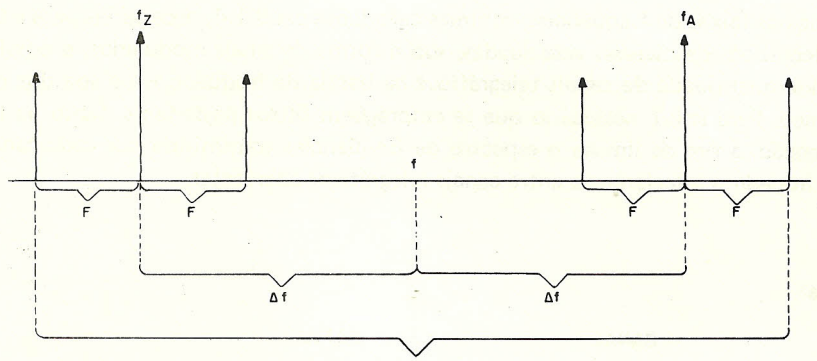


Fig. 9.5 – Representação no domínio da freqüência da modulação FSK

Se considerarmos a faixa de freqüências necessária para modulação ASK igual a $2F$, como vimos em *b*.1, pela Fig. 9.5 é fácil calcularmos que a faixa necessária para o FSK será:

$$B_{mín.} = 2F + 2\Delta f = 2\,(F + \Delta f)$$

Deste modo teremos os seguintes valores mínimos de faixas de freqüências:

V_T = 50 bauds . . . . . $B_{mín.}$ = 110 Hz
V_T = 100 bauds . . . . . $B_{mín.}$ = 220 Hz
V_T = 200 bauds . . . . . $B_{mín.}$ = 380 Hz ou 440 Hz

Como podemos verificar por estes valores calculados para ASK e FSK, qualquer que seja o meio de transmissão empregado, linhas urbanas ou canais do multiplex telefônico, não apresentarão restrição, quanto a faixa de freqüências, para o sinal telegráfico enviado sob a forma de freqüências moduladas.

9.1.5 – Multiplex Telegráfico

Canal telegráfico é o conjunto de recursos técnicos que permitem a transmissão da informação telegráfica de um ponto *A* para um ponto *B*.

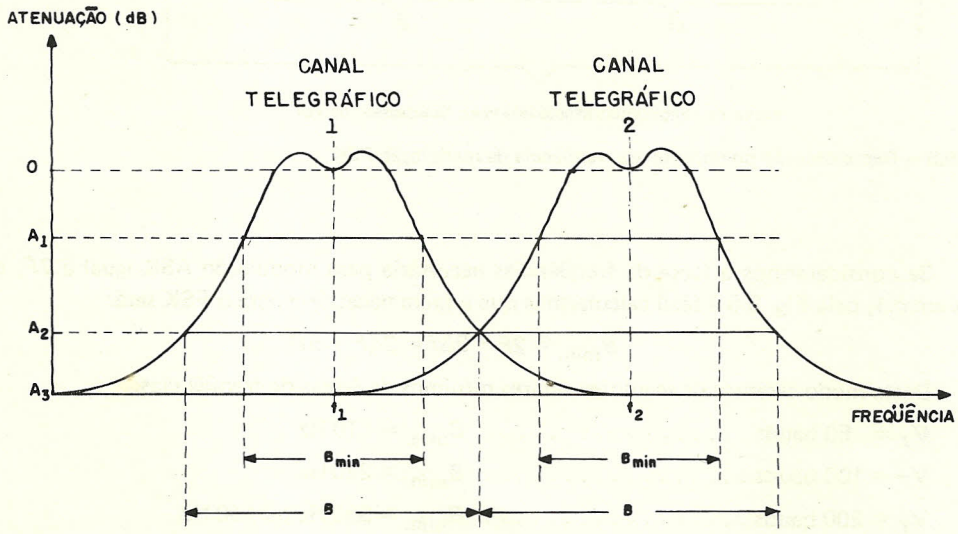
Ao conjunto canal de ida e canal de retorno é denominado *circuito telegráfico.*

Quando desejamos transmitir diversos circuitos telegráficos entre dois pontos *A* e *B* utilizando um meio de transmissão comum, há necessidade de utilizar um equipamento semelhante ao multiplex telefônico, que possibilite a comunicação telegráfica sem interferência entre os circuitos, chamado *multiplex telegráfico*.

De maneira análoga ao multiplex telefônico, o telegráfico pode adotar a multiplexação por divisão de freqüências, utilizando, tanto a modulação em amplitude (ASK) como a modulação em freqüência (FSK), para locar os canais telegráficos na banda do meio de transmissão.

OBSERVAÇÃO: O multiplex telegráfico também pode adotar a multiplexação por divisão de tempo, cuja aplicação será apresentada no próximo capítulo.

Se considerarmos as faixas de freqüências mínimas calculadas em 9.1.4, necessárias para a transmissão dos sinais telegráficos de diversas velocidades, sob a forma de sinais modulados, é possível a locação de uma grande quantidade de canais telegráficos na banda de freqüências de voz dos canais do multiplex telefônico. Para isso é necessário que se empreguem filtros passa-faixa, tanto na transmissão como na recepção, a fim de limitar o espectro de freqüências transmitido por cada canal telegráfico, bem como impedir a interferência entre canais telegráficos adjacentes.



B — FAIXA DE FREQÜÊNCIA DO CANAL TELEGRÁFICO

B_{min} – FAIXA DE FREQÜÊNCIA MÍNIMA NECESSÁRIA PARA TRANSMISSÃO DO SINAL TELEGRÁFICO

Fig. 9.6 – Faixa de freqüências do canal telegráfico

Teoricamente, estes filtros não deveriam apresentar atenuação na banda de passagem, tendo atenuação infinita fora desta faixa. Entretanto, para a realização prática dos mesmos, como já vimos no Cap. 7, dentro da banda passante haverá uma pequena atenuação e, fora desta faixa, a atenuação aumentará gradativamente. Deste modo, a faixa de freqüências necessária para cada canal telegráfico, será função da faixa mínima de freqüências para transmissão do sinal telegráfico, acrescida da faixa de freqüências necessária para a realização prática dos filtros passa-faixa, como mostra a Fig. 9.6. Nesta figura temos a representação das características de atenuação versus freqüência, dos filtros passa-faixa de transmissão de dois canais telegráficos adjacentes, cujas freqüências centrais são f_1 e f_2 . $B_{mín.}$ é a faixa mínima de freqüências necessária para a transmissão do sinal telegráfico modulado sendo, finalmente, B a faixa de freqüências de cada canal telegráfico.

Se considerarmos as características de atenuação de qualquer um dos filtros, como por exemplo o filtro do canal 1, é evidente que a atenuação dentro da faixa $B_{mín.}$ deve ser a menor possível, enquanto que a atenuação A_2 no cruzamento dos filtros (limite dos canais telegráficos) e a atenuação A_3 na freqüência central do canal adjacente, devem ser tais que limitem o espectro de freqüência do sinal transmitido, bem como impeçam a interferência no canal adjacente. Para ter uma idéia destas atenuações, tomemos como exemplo o filtro passa-faixa de transmissão de um canal do multiplex telegráfico, que emprega FSK para transmitir os sinais telegráficos com velocidade de 50 bauds, cuja $B_{mín.} = 110\,Hz$, conforme determinamos em 9.1.4.

Se considerarmos uma atenuação de $0dB$ na freqüência central f, obteremos os seguintes valores de atenuação para esse filtro:

– Nos extremos da faixa $B_{mín.}$ a atenuação $A_1 = 10dB$.

– No limite da faixa B a atenuação $A_2 = 15dB$.

– Na freqüência central do canal adjacente (f_2) a atenuação $A_3 = 38dB$.

Vejamos agora como esses filtros são empregados no multiplex telegráfico.

A Fig. 9.7 apresenta a modulação e a demodulação ASK dos sinais telegráficos com velocidade de 50 bauds, provenientes de duas máquinas teleimpressoras, que são injetadas nos canais nº 1 e nº 2 de um multiplex telegráfico. Na Fig. 9.8 estão representadas as formas dos sinais nos diversos pontos, tanto no domínio do tempo como no da freqüência. Nesta figura, os aspectos de freqüência são representados apenas em módulo, tal como aparecem em um analisador de espectros.

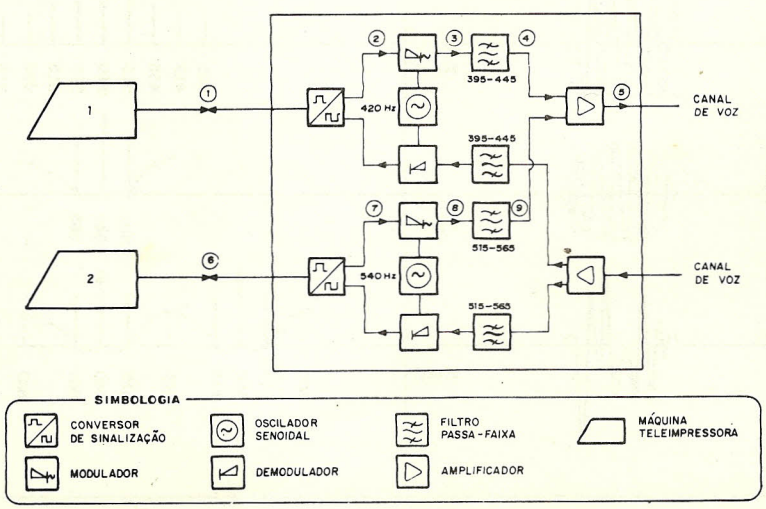


Fig. 9.7 – Dois canais adjacentes do multiplex telegráfico ASK.

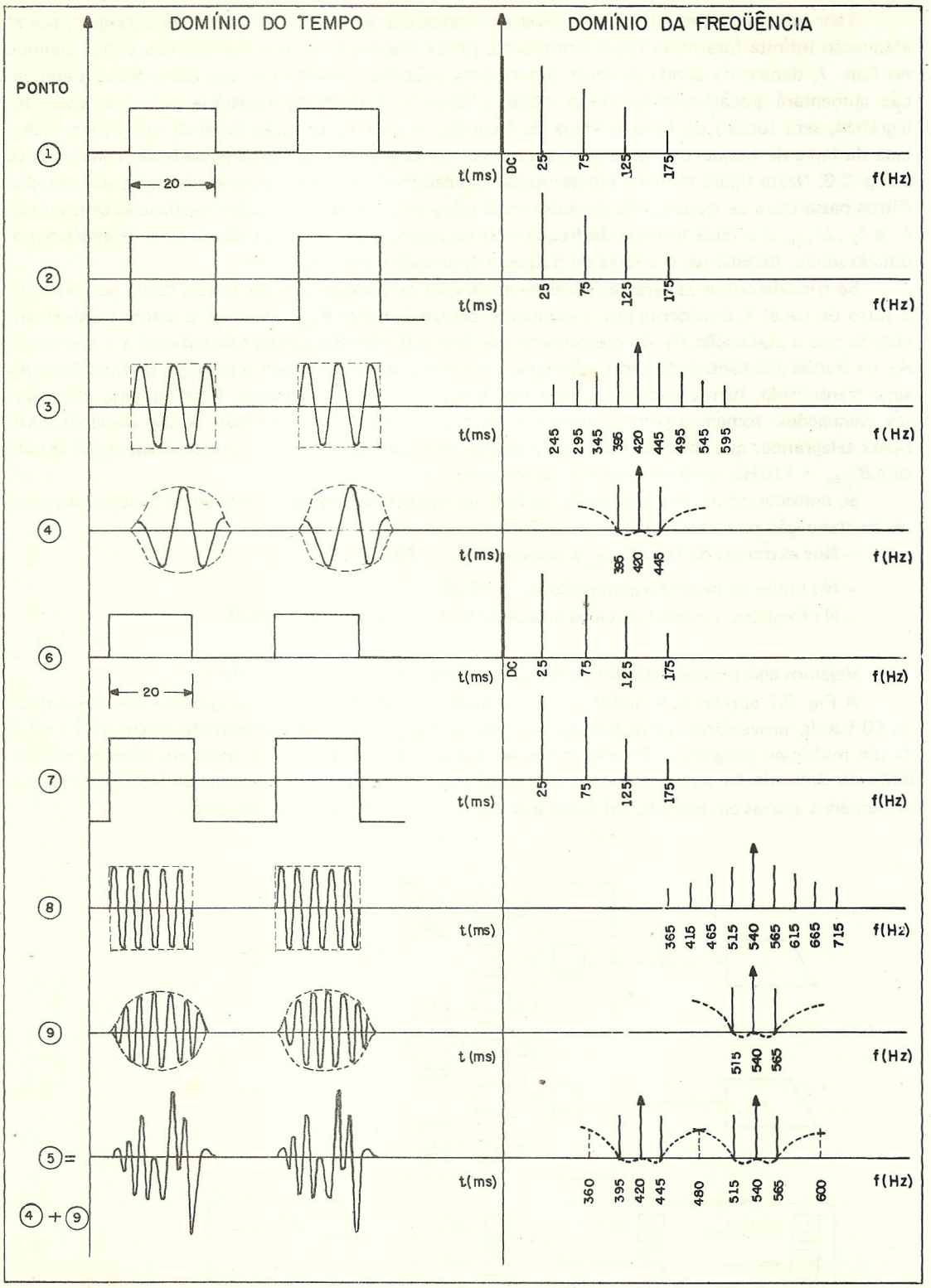


Fig. 9.8 – Forma dos sinais telegráficos no domínio do tempo e da freqüência.

Vamos inicialmente acompanhar a direção de transmissão dos sinais telegráficos.

As máquinas teleimpressoras enviam os sinais, através de 2 pares de fios, para o multiplex telegráfico. Neste, o sinal é injetado inicialmente numa unidade chamada conversor de sinalização, cujas funções são: converter um circuito a 2 fios em circuito a 4 fios, e vice-versa; converter a sinalização telegráfica neutral em polar, e vice-versa; recuperar os sinais telegráficos.

Em seguida, cada sinal telegráfico modula uma portadora, que para o canal nº 1 é de 420 Hz e para o canal nº 2 é 540 Hz.

Cada sinal modulado é injetado num filtro passa-faixa, que para o canal nº 1 é de 360 a 480 Hz e para o canal nº 2 é de 480 a 600 Hz. Finalmente, o produto obtido de ambos os filtros é juntado por meio de um amplificador, sendo então enviado ao canal de voz do multiplex telefônico.

OBSERVAÇÃO: Nos extremos das faixas indicadas para os filtros passa-faixa a atenuação é de 23*dB*.

Na direção de recepção os sinais são processados de maneira inversa ao de transmissão.

É evidente que a faixa de freqüências de cada canal telegráfico dependerá do projeto dos filtros passa-faixa, pois poderemos ter uma faixa bem estreita, o que implicitamente exige um projeto de filtro dispendioso, ou uma faixa bem larga, cujo projeto de filtro é barato, porém não permite um aproveitamento racional dos canais de voz do multiplex telefônico.

Devido a isto, levando em conta o custo e o aproveitamento mais racional dos canais de voz de 3 e 4 kHz do multiplex telefônico, o CCITT padronizou os espaçamentos (E) entre as freqüências centrais dos canais telegráficos, para as diversas velocidades e processos de modulação. A escolha destas freqüências centrais, bem como dos espaçamentos E, que em conjunto compõem os *planos de freqüências do multiplex telegráfico*, serão apresentados a seguir:

a) Plano de freqüências do multiplex telegráfico para velocidade de 50 bauds com $E = 120$ Hz (modulação ASK ou FSK)

Para locar estes canais telegráficos no espectro de freqüências do canal de voz do multiplex telefônico, o CCITT recomenda que a freqüência central de cada canal telegráfico seja um múltiplo ímpar de 60 Hz, sendo dada por $[420 + (n - 1)\,120]$ Hz, onde n é o número do canal telegráfico. A razão desta escolha será apresentada no decorrer deste item.

Deste modo, a faixa de freqüências disponível para cada canal telegráfico, tanto para a modulação ASK como para a modulação FSK, deverá ser de 120 Hz. Esta igualdade de faixa pode parecer estranha, porque a faixa mínima de freqüências para a transmissão do sinal modulado em ASK é menor que a necessária para os sinal modulado em FSK. Entretanto, as características de atenuação exigidas para o filtro do ASK são mais restritivas que a do FSK, o que justifica a igualdade. A tabela abaixo compara as atenuações exigidas para os filtros de ASK e FSK, onde os significados de A_2 e A_3 foram apresentados na Fig. 9.6:

	A_2 (*dB*)	A_3 (*dB*)
ASK	23	48
FSK	15	38

A Fig. 9.9 apresenta o plano de freqüências para locação dos canais telegráficos com velocidade de 50 bauds, no espectro de freqüências do canal de voz de 4 kHz do multiplex telefônico. Não se emprega um canal nº 25 porque, devido à curva de resposta em freqüência no extremo superior da

faixa de um canal do multiplex telefônico, este canal telegráfico não apresentaria características de qualidade compatíveis com as do CCITT.

Quando se usa um canal de voz de 3kHz como meio de transmissão, não se empregam os canais telegráficos de números 23 e 24 pois, como sabemos, a faixa de voz deste tipo de canal do multiplex telefônico só vai até 3050Hz.

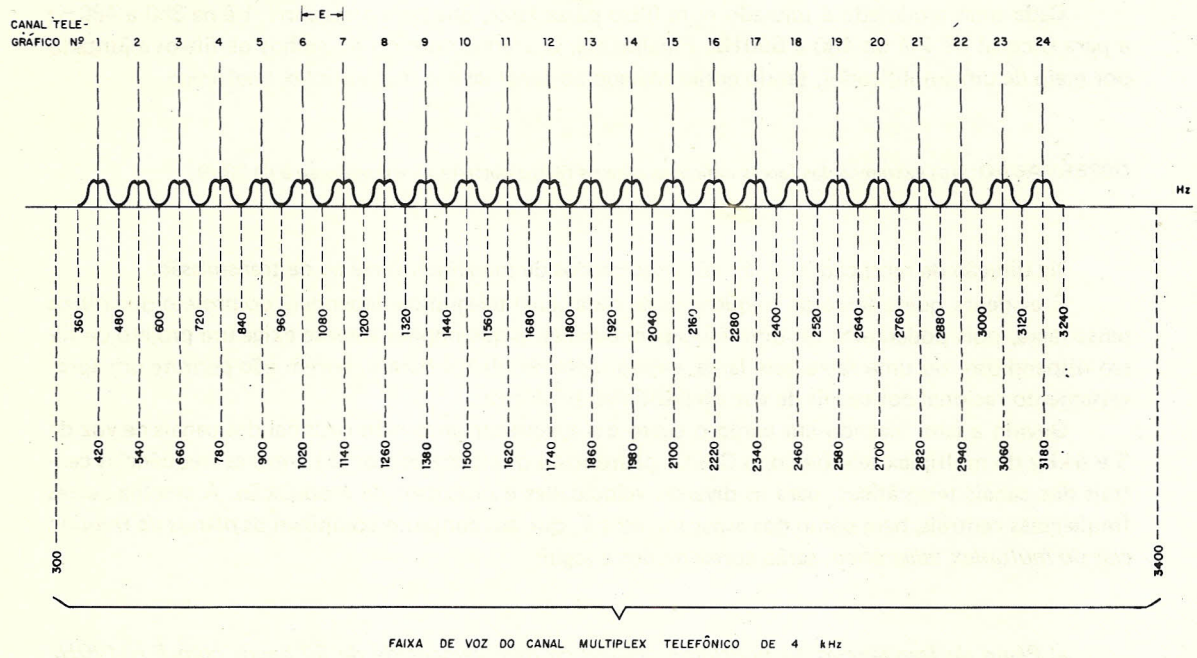


Fig. 9.9 – Plano de freqüências para o multiplex telegráfico de 50 bauds ($E = 120$Hz).

Na modulação ASK a freqüência central de cada canal telegráfico da Fig. 9.9 será a portadora da modulação.

Na modulação FSK as portadoras f_A e f_Z estarão eqüidistantes em ± 30 Hz da freqüência central de cada canal telegráfico da Fig. 9.9. Por exemplo, para o canal telegráfico nº 1 cuja freqüência central é 420Hz, as portadoras f_A e f_Z serão, respectivamente, 450Hz e 390Hz. Para o canal telegráfico nº 2 e cuja freqüência central é 540Hz, $f_A = 570$Hz e $f_Z = 510$Hz etc.

Vamos agora verificar porque foram escolhidas as freqüências centrais dos canais telegráficos, como sendo múltiplas ímpares de 60Hz. A principal razão técnica prende-se aos problemas de interferência entre os canais telegráficos, que poderiam advir quando o meio de transmissão apresenta uma distorção não linear (vide Item 8.3.2), provocando o aparecimento de freqüencias harmônicas das portadoras de cada canal, bem como produtos de intermodulação.

Ao se adotar o plano recomendado pelo CCITT (Fig. 9.9), vejamos como se comportará o sistema telegráfico, quando ocorrer distorção não linear no meio de transmissão:

– Na modulação ASK, onde as portadoras empregadas são as freqüências centrais dos canais telegráficos, a 2ª harmônica da portadora de cada canal, que é aquela de maior potência, cairá sempre entre dois canais telegráficos adjacentes, não acarretando problemas para os outros canais do sistema. Por exemplo, a portadora do canal telegráfico nº 3, cuja freqüência é 660Hz, tem a 2ª harmônica em 1320Hz, que é exatamente o meio entre os canais nºs 8 e 9.

Quanto aos produtos de intermodulação de 2ª ordem, representados pela soma ou diferença das portadoras dos canais telegráficos, estes também cairão entre dois canais telegráficos adjacentes, não acarretando problema para os outros canais do sistema. Por exemplo, os produtos de intermodulação de 2ª ordem entre as portadoras dos canais nºs 1 e 19, cujas freqüências são, respectivamente, 420 Hz e 2580 Hz, serão 420 + 2580 = 3000 Hz e 2580 – 420 = 2160 Hz. Estas freqüências caem, respectivamente, entre os canais nºs 22 e 23, e entre os canais nºs 15 e 16.

– Na modulação FSK, onde as portadoras estão eqüidistantes ± 30 Hz da freqüência central de cada canal telegráfico, as 2ªs harmônicas destas portadoras cairão sempre na freqüência central de um canal telegráfico, o que para o FSK não acarreta problemas, visto que nesta posição não existe sinal telegráfico modulado. Por exemplo, as 2ªs harmônicas das portadoras do canal telegráfico nº 2, em que $f_A = 570$ Hz e $f_Z = 510$ Hz, são respectivamente 1140 Hz e 1020 Hz. Estes sinais caem exatamente na freqüência central dos canais nºs 6 e 7.

Para os produtos de intermodulação de 2ª ordem, a análise a ser feita é análoga.

OBSERVAÇÃO: O multiplex telegráfico para 50 bauds com modulação ASK foi o primeiro equipamento a ser desenvolvido. Somente algum tempo depois é que surgiram os equipamentos com modulação FSK para a mesma velocidade telegráfica, de qualidade muito superior ao primeiro, principalmente com relação às tolerâncias para variações de nível e ruído do meio de transmissão. Para as velocidades telegráficas mais altas, em que as larguras dos pulsos do sinal telegráfico são ainda menores, o ASK torna-se ainda mais sensível ao ruído. Devido a estas limitações, o CCITT não recomenda o emprego desse tipo de modulação (ASK) nos equipamentos de multiplex telegráfico para 100 e 200 bauds.

b) Plano de freqüências do multiplex telegráfico para velocidade 100 bauds com E = 240 Hz (modulação FSK)

Para locar estes canais telegráficos no espectro de freqüências do canal de voz do multiplex telefônico, o CCITT recomenda que a freqüência central de cada canal telegráfico seja dada por [480 + + (*n* – 1) 240] Hz, onde *n* é o número do canal telegráfico. A razão desta escolha é análoga àquela explicada para o plano de freqüências de 50 bauds.

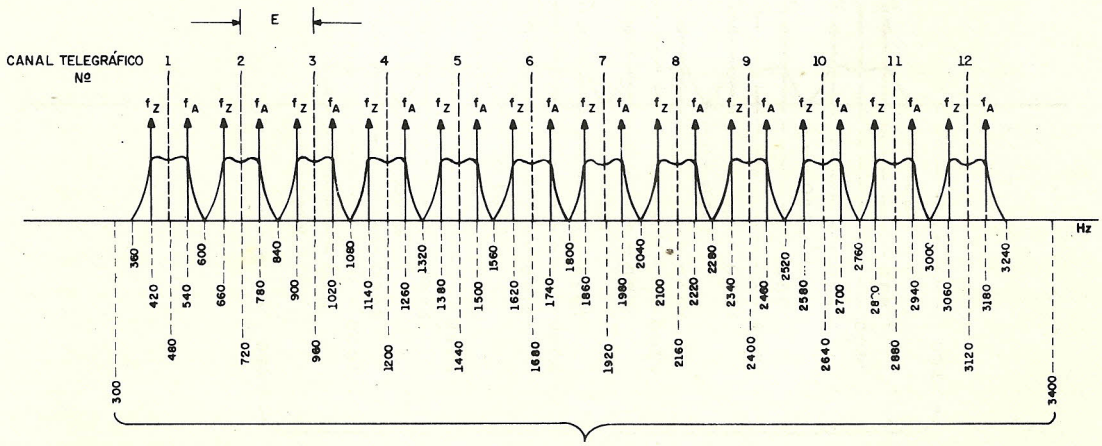


Fig. 9.10 – Plano de freqüência para multiplex telegráfico de 100 bauds ($E = 240$ Hz).

A Fig. 9.10 apresenta o plano de freqüências para locação dos canais telegráficos com velocidades de 100 bauds, no espectro de freqüências do canal de voz de 4 kHz do multiplex telefônico.

Quando se usa um canal de voz de 3 kHz como meio de transmissão, não se emprega o canal telegráfico de número 12 pois, como sabemos, a faixa de voz deste tipo de canal do multiplex telefônico só vai até 3050 Hz.

Na modulação FSK as portadoras f_A e f_Z estarão eqüidistantes ± 60 Hz da freqüência central de cada canal telegráfico, como indica a Fig. 9.10. Por exemplo, para o canal telegráfico nº 4 cuja freqüência central é 1200 Hz, as portadoras f_A e f_Z são, respectivamente, 1260 Hz e 1140 Hz.

c) Plano de freqüências do multiplex telegráfico para velocidade de 200 bauds com E = 480 Hz (modulação FSK)

Para locar estes canais telegráficos no espectro de freqüências do canal de voz do multiplex telefônico, o CCITT recomenda que a freqüência central de cada canal telegráfico seja dada por [600 + + (*n* – 1) 480] Hz, onde *n* é o número do canal telegráfico. A razão desta escolha também é análoga àquela explicada para o plano de freqüências de 50 bauds.

A Fig. 9.11 apresenta o plano de freqüências para locação dos canais telegráficos com velocidade de 200 bauds e $E = 480$ Hz, no espectro de freqüências do canal de voz de 4 kHz do multiplex telefônico.

Quando se usa um canal de voz de 3 kHz como meio de transmissão, não se emprega o canal telegráfico de número 6 pois, como sabemos, a faixa de voz deste tipo de canal do multiplex telefônico só vai até 3050 Hz.

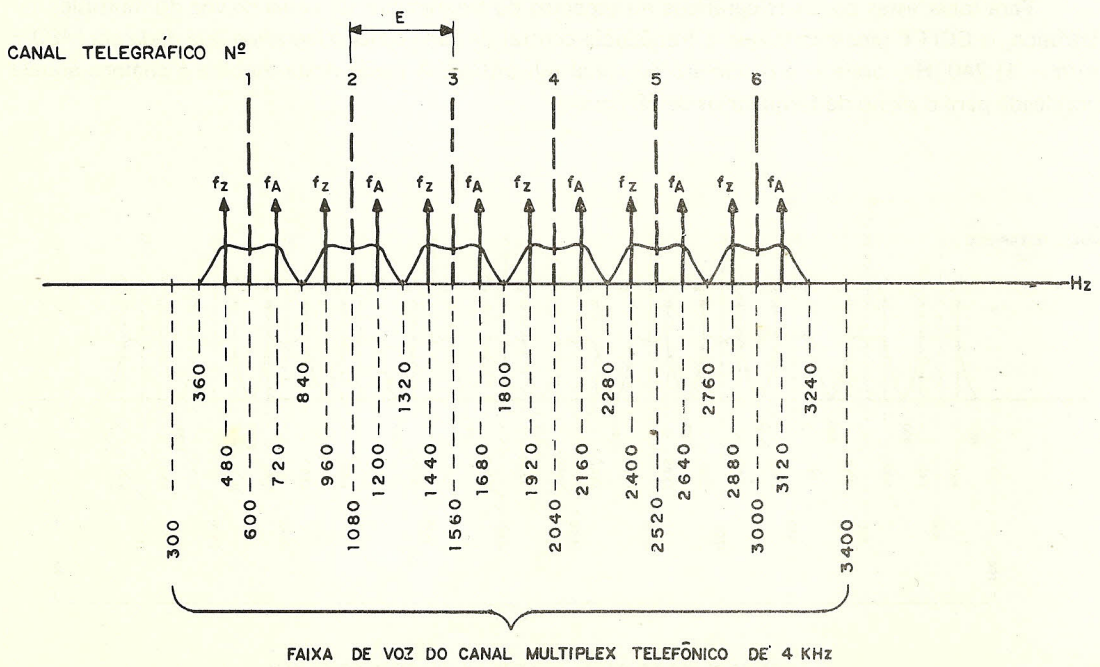


Fig. 9.11 – Plano de freqüências para multiplex telegráfico de 200 bauds ($E = 480$ Hz).

Na modulação FSK as portadoras f_A e f_Z estarão eqüidistantes ± 120 Hz da freqüência central de cada canal telegráfico, como indica a Fig. 9.11. Por exemplo, para o canal telegráfico nº 4 cuja freqüência central é 2040 Hz, as portadoras f_A e f_Z são, respectivamente, 2160 Hz e 1920 Hz.

d) Plano de freqüências do multiplex telegráfico para velocidade de 200 bauds com E = 360 Hz (modulação FSK)

Para locar estes canais telegráficos no espectro de freqüências do canal de voz do multiplex telefônico, o CCITT recomenda que a freqüência central de cada canal telegráfico seja dada por [540 + (*n* – 1) 360] Hz, onde *n* é o número do canal telegráfico. A razão desta escolha também é análoga àquela explicada para o plano de freqüências de 50 bauds.

A Fig. 9.12 apresenta o plano de freqüências para locação dos canais telegráficos com velocidade de 200 bauds e $E = 360$ Hz, no espectro de freqüências do canal de voz de 4 kHz do multiplex telefônico.

Quando se usa um canal de voz de 3 kHz como meio de transmissão, não se emprega o canal telegráfico de número 8 pois, como sabemos, a faixa de voz deste tipo de canal do multiplex telefônico só vai até 3050 Hz.

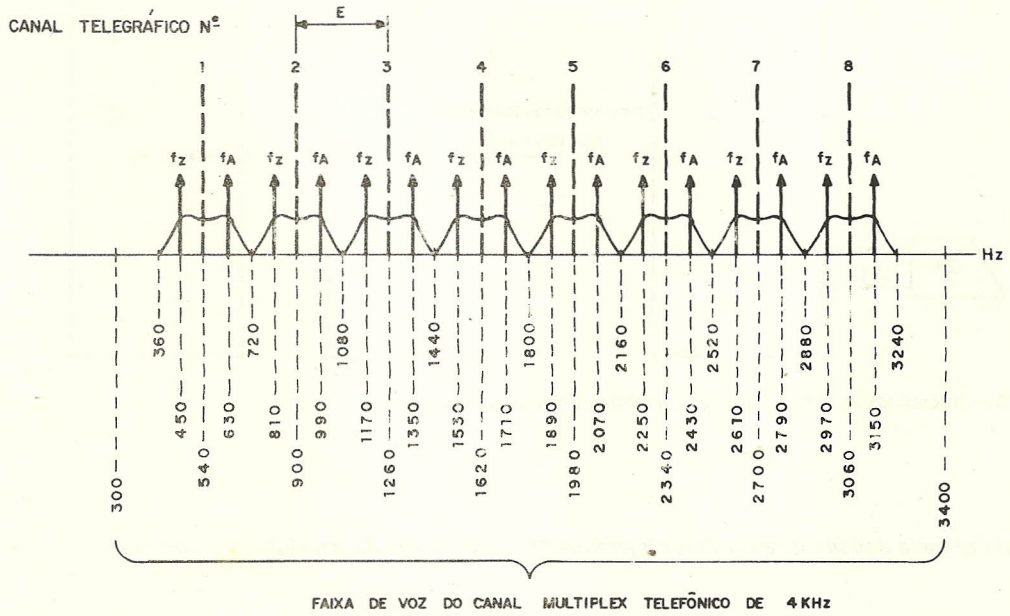


Fig. 9.12 – Plano de freqüências para multiplex telegráfico de 200 bauds ($E = 360$ Hz).

Na modulação FSK as portadoras f_A e f_Z estarão eqüidistantes ± 90 Hz da freqüência central de cada canal telegráfico, como indica a Fig. 9.12. Por exemplo, para o canal nº 5 cuja freqüência central é 1980 Hz, as portadoras f_A e f_Z são, respectivamente, 2070 Hz e 1890 Hz.

9.1.6 – Interface entre o Multiplex Telegráfico e o Multiplex Telefônico

Como vimos no Cap. 8, Item. 8.7, os canais do multiplex telefônico são projetados primordialmente para a transmissão de sinais de voz, cuja natureza é diferente do sinal telegráfico, principalmente com relação aos fatores de pico e de atividade. Devido a isto, especial atenção deve ser dada à potência dos sinais telegráficos no interface multiplex telefônico-multiplex telegráfico (representado pelo ADV na Fig. 9.13), bem como ao número máximo de canais de voz de um sistema multiplex telefônico, que podem ser utilizados como meio de transmissão do multiplex telegráfico. Estes dois aspectos serão analisados a seguir.

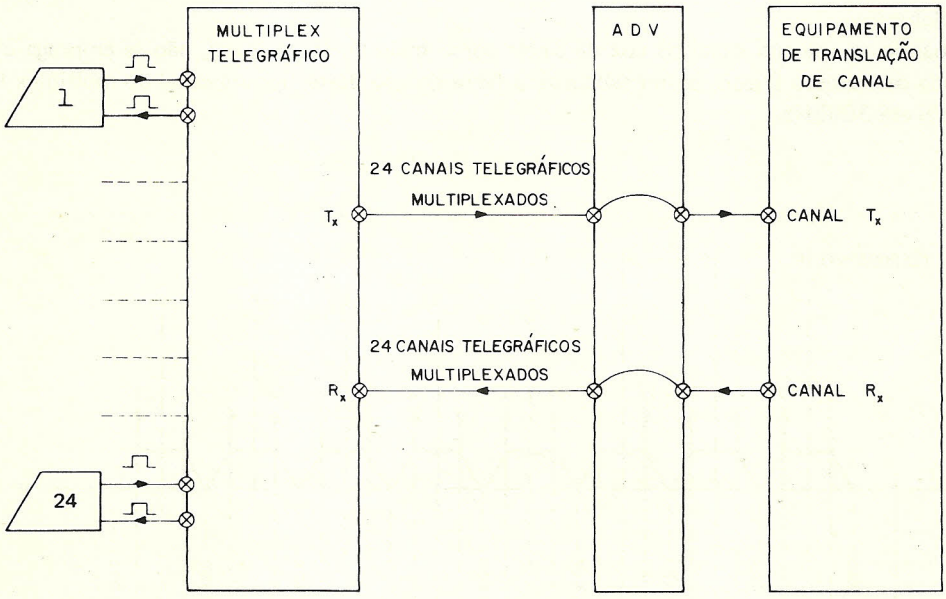


Fig. 9.13 – Interconexão entre multiplex telegráfico e o multiplex telefônico.

a) Potência dos sinais telegráficos injetados no canal de voz do multiplex telefônico

a.1) Modulação ASK

Para este tipo de modulação, o CCITT especifica que a tensão máxima instantânea produzida pelos sinais telegráficos, não deve exceder àquela de um sinal senoidal com uma potência de 5mW (*7dBm*), no ponto de nível relativo zero.

Para efeito de determinação de potência máxima permissível por canal telegráfico ASK, o CCITT considera o caso mais desfavorável, isto é, aquele em que todos os picos de tensão dos diferen-

tes canais telegráficos coincidem (veja caso semelhante na Fig. 9.8). Para este caso particular a tensão equivalente em cada canal telegráfico será:

$$V = \frac{V_{máx.}}{n}$$

onde $V_{máx.}$ é a tensão máxima, correspondente à potência de 5mW especificada e V é a tensão máxima equivalente para cada um dos n canais telegráficos em operação.

Se nesta igualdade considerarmos as potências correspondentes, teremos:

$$P = \frac{P_{máx.}}{n^2} = \frac{5\,\text{mWO}}{n^2} \quad (1)$$

Para potências em *dBm*, a igualdade toma a seguinte forma:

$$P\Big|_{dBm} = P_{máx.}\Big|_{dBm} - 20 \log n = 7 - 20 \log n \ (dBm) \quad (2)$$

Aplicando-se estas fórmulas para o multiplex telegráfico ASK de 50 bauds ($E = 120$Hz), em que $n = 24$ canais em operação, obteremos o seguinte valor de potência máxima permissível por canal telegráfico:

$$P = \frac{5\,\text{mWO}}{24^2} = 0{,}008681 \simeq 9\,\mu\text{WO} \qquad \text{ou}$$

$$P = 7 - 20 \log 24 = -20{,}45 dBmO$$

Entretanto, se o equipamento multiplex telegráfico não estiver totalmente equipado, a potência por canal telegráfico poderá ser mais alta, sendo calculada pelas expressões (1) ou (2) acima. A Tab. da Fig. 9.14 apresenta alguns valores de potência máxima permissível por canal telegráfico ASK de 50 bauds ($E = 120$Hz), função do número de canais telegráficos em operação.

Número de canais telegráficos em operação	*Potência máxima permissível por canal telegráfico*	
	μWO	*dBmO*
12 ou menos	35	– 14,5
18	15	– 18,25
24	9	– 20,45

Fig. 9.14 – Tabela de potência por canal telegráfico ASK de 50 bauds ($E = 120$Hz).

É importante observar que, por questões de segurança, mesmo que o número de canais em operação seja menor que 12, a potência máxima permissível por canal telegráfico não deve ultrapassar a 35μWO (– 14,5*dBmO*).

a.2) Modulação FSK

Para este tipo de modulação em que a natureza do sinal transmitido é diferente do ASK, pois existe sempre potência no canal telegráfico, o CCITT especifica que a potência média transmitida pe-

lo conjunto de todos os canais telegráficos, não deve exceder a 135μW (– 8,7*dBm*), num ponto de nível relativo zero.

Deste modo, a potência máxima permissível por canal telegráfico será agora dada por:

$$P = \frac{P_{máx.}}{n} = \frac{135\,\mu WO}{n} \quad (3)$$

onde n é o número de canais telegráficos em operação.

Se considerarmos as potências em *dBm* obteremos:

$$P\Big|_{dBm} = P_{máx.}\Big|_{dBm} - 10 \log n = -8{,}7 - 10 \log n \quad (4)$$

Aplicando estas fórmulas para o multiplex telegráfico FSK de 50 bauds ($E = 120$ Hz), em que $n = 24$ canais em operação, obteremos o seguinte valor de potência máxima permissível por canal telegráfico:

$$P = \frac{135\mu WO}{24} = 5{,}6\mu WO \quad \text{ou}$$

$$P = -8{,}7 - 10 \log 24 = -22{,}52 dBmO$$

Entretanto, se o equipamento multiplex telegráfico não estiver totalmente equipado, a potência máxima permissível por canal telegráfico poderá ser mais alta, sendo calculada pelas expressões (3) ou (4) acima.

A Tab. da Fig. 9.15 apresenta alguns valores de potência por canal telegráfico FSK de 50 bauds ($E = 120$ Hz), função do número de canais telegráficos em operação.

Número de canais telegráficos em operação	*Potência máxima permissível por canal telegráfico*	
	μWO	*dBmO*
12 ou menos	11,25	– 19,5
18	7,5	– 21,25
24	5,6	– 22,52

Fig. 9.15 – Tabela de potência por canal telegráfico FSK de 50 bauds ($E = 120$ Hz).

É importante observar que, por questões de segurança, mesmo que o número de canais em operação seja menor que 12, a potência máxima permissível por canal telegráfico não deve ultrapassar a 11,5 μWO (– 19,5 *dBmO*).

Para os outros equipamentos multiplex telegráfico FSK de maior velocidade telegráfica, apresentados em 9.1.5, obteremos os seguintes limites de potência por canal telegráfico:

$V_T = 100$ bauds; $E = 240$ Hz; $n = 12$ canais

$$\boxed{P = 11{,}25\ \mu WO \text{ ou } -19{,}5 dBmO}$$

$V_T = 200$ bauds; $E = 360$ Hz; $n = 7$ canais

$$\boxed{P = 19{,}2\ \mu WO \text{ ou } -17{,}17 dBmO}$$

$V_T = 200$ bauds; $E = 480$ Hz; $n = 6$ canais

$$P = 22{,}5\ \mu W O \text{ ou } -16{,}48 dBmO$$

Para estes equipamentos, por motivos de segurança, mesmo que o número de canais em operação seja menor que o apresentado, a potência máxima permissível por canal telegráfico não deve ultrapassar os limites específicos.

b) Número máximo de canais de voz de um sistema multiplex telefônico que pode ser empregado como meio de transmissão do multiplex telegráfico.

No Cap. 8, Item 8.7, vimos que os equipamentos do multiplex telefônico são projetados para as comunicações telefônicas, para as quais são considerados fatores de atividade compatíveis com as características dos sinais de voz.

Como os sinais telegráficos são de natureza diversa dos sinais de voz, o número de canais de voz do multiplex telefônico que forem utilizados como meio de transmissão para o multiplex telegráfico, deve ser limitado, a fim de evitar a degradação do sistema multiplex telefônico devido a sobrecarga. Este limite está apresentado na tabela da Fig. 9.16, sendo função do número total de canais de voz do multiplex telefônico, visto que é baseado neste número total que o sistema telefônico é projetado.

Número total de canais de voz do multiplex telefônico	*Número máximo de canais de voz que podem ser empregados como meio de transmissão para o multiplex telegráfico*
12	12
60	20 (4 canais por grupo)
120	14 (7 canais por supergrupo)
300 ou mais	*N*/30 (2 canais por supergrupo)

Fig. 9.16 – Tabela de número máximo de canais de voz para transmissão telegráfica.

Observação: É possível a utilização de um maior número de canais de voz para a transmissão telegráfica, desde que seja diminuída a potência do sinal telegráfico. Assim, se desejarmos utilizar 4 canais por supergrupo num sistema multiplex com mais de 500 canais, ao invés de 2 canais por supergrupo, deveremos diminuir a potência total de todos os canais telegráficos de $-8{,}7 dBmO$ para $-11{,}7 dBmO$.

9.1.7 – Características dos Circuitos para Transmissão Telegráfica

Todas as especificações de qualidade para os circuitos empregados na transmissão de voz, são aplicáveis também para a transmissão telegráfica, com as seguintes exceções:

a) Distorção por atenuação

Para este fator, as exigências para a transmissão telegráfica são menos restritivas do que aquelas para a transmissão de voz. Isto pode ser verificado, comparando-se a Fig. 9.17, onde estão apresentados os limites da variação da atenuação com a freqüência, nos circuitos de 3 e 4 kHz utilizados para transmissão telegráfica, com aqueles limites para transmissão de voz, das Figs. 8.4 e 8.5.

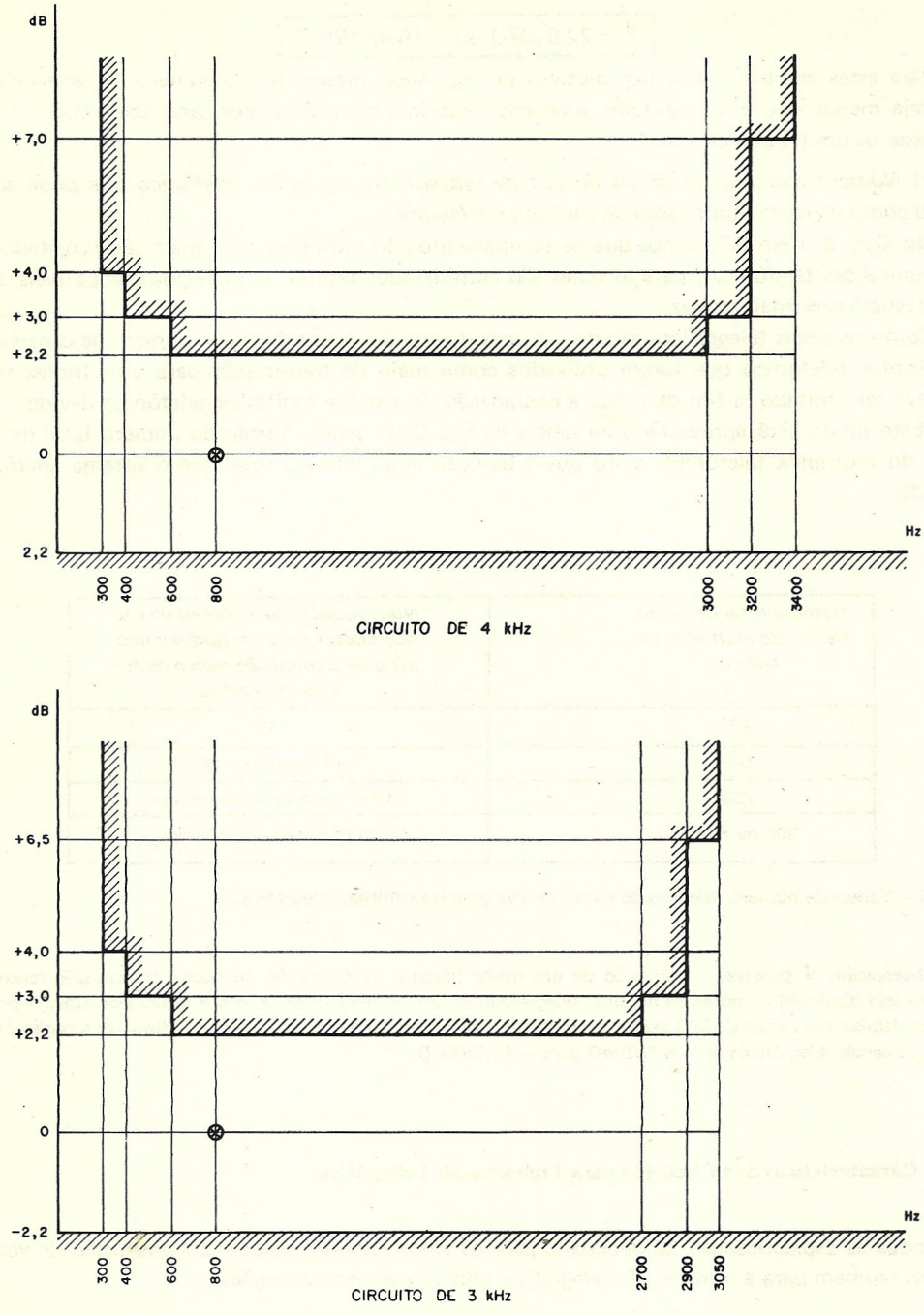


Fig. 9.17 – Limite para distorção por atenuação no circuito de voz empregado na telegrafia.

b) Ruído Impulsivo

Medido com instrumento adequado, o número de picos superiores a – 18*dBmO* não deve exceder a 18 em 15 minutos.

9.1.8 – Rotas do Multiplex Telegráfico

De maneira análoga ao multiplex telefônico que emprega o rádio, cabo coaxial etc., como meio de transmissão para compor as rotas entre diversas localidades, o multiplex telegráfico utiliza os canais de voz do multiplex telefônico para compor as rotas telegráficas entre estas localidades.

A Fig. 9.18 apresenta um exemplo hipotético de composição de rotas telegráficas entre três localidades *A*, *B* e *C*, na qual cada rota telegráfica possui 24 canais com velocidade telegráfica de 50 bauds. Desse modo, será suficiente que cada rota telegráfica empregue um canal de voz de 4kHz do multiplex telefônico, entre as respectivas localidades, como está indicado na figura.

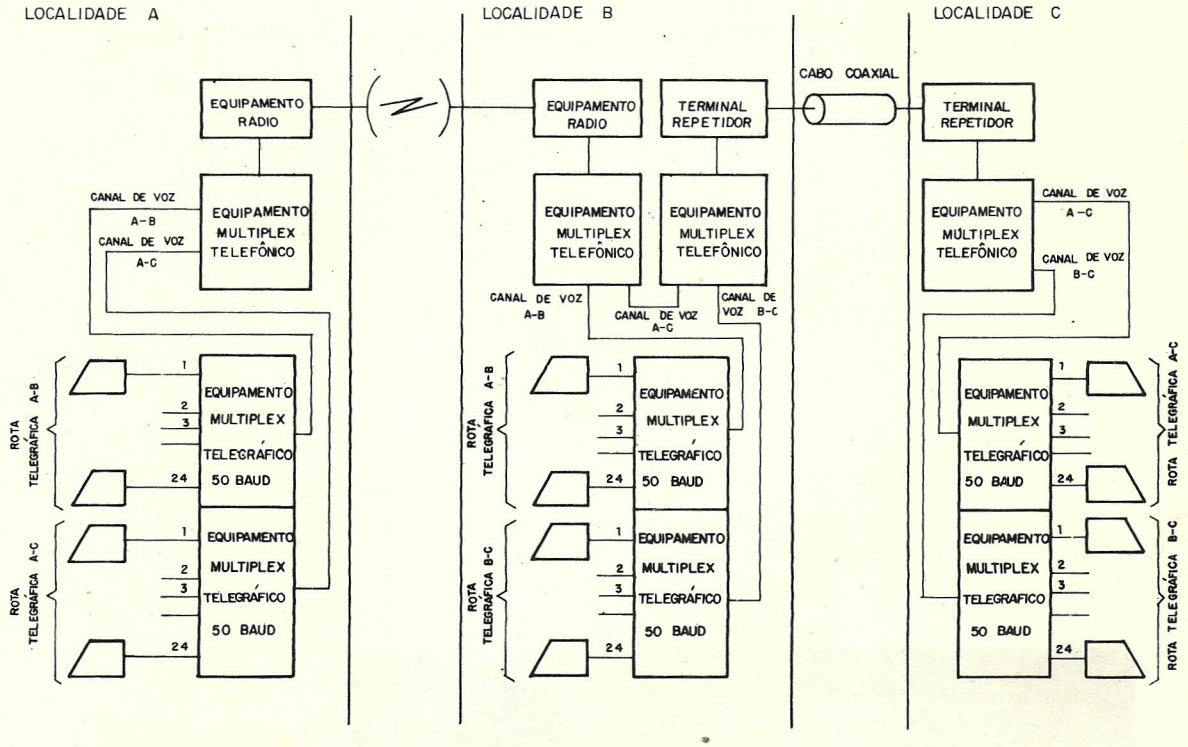
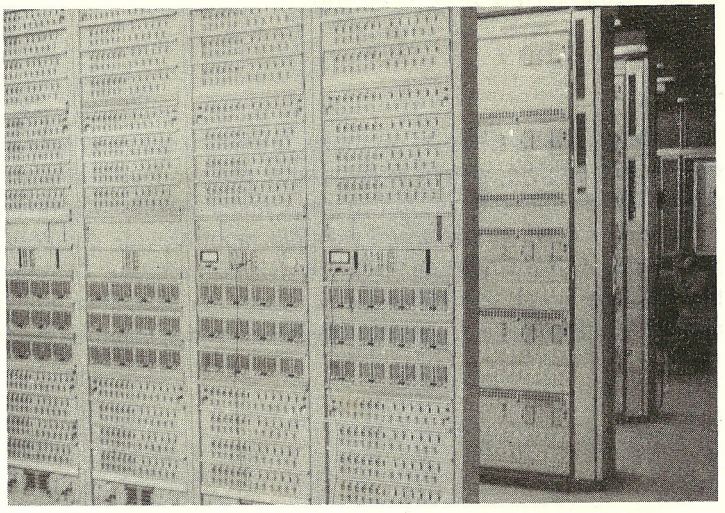


Fig. 9.18 – Rotas telegráficas.

Em cada localidade os equipamentos do multiplex telegráfico estão agrupados em bastidores, com capacidades típicas de 72 canais, 120 canais etc.



Bastidores de multiplex telegráfico, cada um tendo capacidade para 72 canais telegráficos. Na parte central de cada bastidor existe instrumental para testes no equipamento (Embratel – Rio de Janeiro).

Máquina telex em operação

9.2 – TRANSMISSÃO DE DADOS

9.2.1 – Introdução

O interesse em se obter um aproveitamento cada vez maior das máquinas de processamento de dados, gerou a necessidade de serem efetuadas ligações à distância, permitindo a conexão dessas máquinas e desenvolvendo a técnica de transmissão de dados ou, como muitas vezes é conhecida, teleinformática.

A principal diferença da transmissão de dados em relação à telegrafia, reside na velocidade de transmissão do sinal. As fontes de geração e processadores de dados ou, como são normalmente chamados, terminais de dados, podem ser desde máquinas teleimpressoras, até computadores:

– Na transmissão temos leitora de cartões, leitora de fita perfurada, leitora de fita magnética etc.

– Na recepção temos perfuração de cartões, perfuração de fita, gravação de fita magnética etc.

9.2.2 – O Sinal de Dados

O sinal de dados é do tipo digital binário, isto é, só assume um de dois valores 0 ou 1, como indica o exemplo da Fig. 9.19.

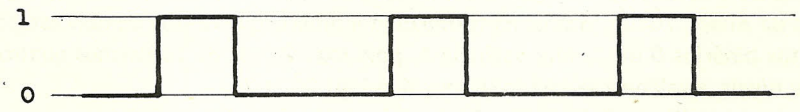


Fig. 9.19 – Sinal binário.

Cada unidade do sinal binário chama-se bit. As informações trocadas pelos terminais de dados são codificadas por seqüência de bits 1 e bits 0. Por exemplo:

CARACTER	CÓDIGO Nº 5 DO CCITT
A	1000001
3	1100110
%	1010010
ACK (confirmação)	0110000

9.2.3 – Características do Sinal de Dados

a) Taxa de sinalização binária (V_s)

É a velocidade de transmissão do sinal, dada em bits por segundo (bits/s).
As taxas de sinalização mais comumente usadas podem ser divididas em três grupos:
– Baixa velocidade: 200, 600, 1200 e 2400 bits/s.
– Média velocidade: 4800, 9600 e 19200 bits/s
– Alta velocidade: 48, 56, 64, 72, 1544 e 2048 kbits/s

b) Velocidade de impulsos ou taxa de modulação (V_M)

A velocidade de impulsos é definida como o inverso da duração do pulso de menor largura que constitui um sinal pulsado. Esta definição já foi vista no Item 9.1.3, quando definimos a velocidade de impulsos para o sinal telegráfico, chamada velocidade telegráfica.

A velocidade de impulsos é medida em *baud*. Assim, se T segundos é a largura do menor pulso (ou intervalo entre pulsos), a velocidade de impulsos será $V_M = 1/T$ baud.

Como para os sinais de dados binários, a taxa de sinalização binária (em bits/s) é numericamente igual a velocidade de impulsos (em baud), às vezes são incorretamente consideradas essas duas expressões como sinônimas.

c) Valência

Valência do sinal digital é o logarítimo, na base 2, do número de estados empregados, geralmente chamados de níveis. Assim, o sinal na forma digital binária que dispõe de dois estados representativos dos dígitos binários 0 ou 1, têm valência 1, pois $\log_2 2 = 1$. Se tivéssemos quatro estados representativos ou níveis, a valência seria 2, pois $\log_2 4 = \log_2 2^2 = 2$.

Vamos agora verificar qual a aplicação da valência do sinal digital.

O sinal de dados na forma digital binária pode ser convertido em forma digital multivalente ou multinível (multiestados), conservando o mesmo conteúdo de informações.

Suponhamos um sinal de dados formado por pulsos binários, portanto com valência igual a 1. Se estes pulsos têm duração de T segundos, já vimos que a taxa de sinalização binária em bits/s é igual a velocidade de impulsos em baud, sendo dados por $1/T$.

Se agruparmos os bits 1 ou 0, dois a dois, adotando um código de quatro níveis (quaternário) para expressar cada uma das combinações possíveis 00, 01, 10 e 11, teremos uma nova organização para o sinal original, formando dígitos quaternários 0, 1, 2 e 3 respectivamente. Este novo sinal tem valência 2 ($\log_2 4 = 2$) e cada dígito, chamado de *dibit*, ocupa o intervalo de tempo $2T$, igual a dois bits originais. Nesta configuração a taxa de sinalização binária continua a ser a mesma. ($1/T$ bits/s), enquanto que a velocidade de impulsos passa a ser a metade, ou seja $1/2T$ baud, já que a duração do dibit é $2T$. A Fig. 9.20 esquematiza o que foi dito.

Se agruparmos os bits 1 ou 0, três a três, adotando um código de oito níveis (2^3 = octonário) para expressar cada uma das combinações possíveis, teremos uma outra organização para o sinal original, formando dígitos octonários, chamados *tribit*. Este novo sinal tem valência 3 ($\log_2 8 = 3$) e

cada dígito ocupa o intervalo de tempo $3T$, igual a três bits originais. A taxa de sinalização binária continua a ser a mesma ($1/T$ bits/s), enquanto que a velocidade de impulsos passa a ser a terça parte, ou seja $1/3T$ baud.

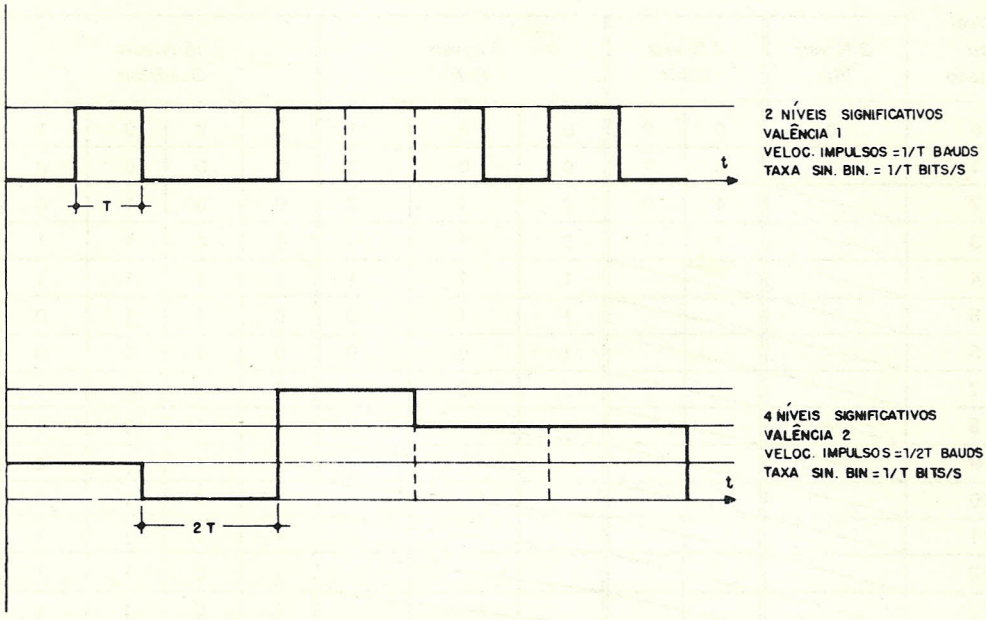


Fig. 9.20 – Valência do sinal de dados.

Finalmente, se agruparmos os bits 1 ou 0, quatro a quatro, adotando um código de dezesseis níveis para expressar cada uma das combinações possíveis, teremos uma outra organização para o sinal original, formando dígitos de dezesseis níveis, chamados *quadribit*. Este novo sinal tem valência 4 ($\log_2 16 = 4$) e cada dígito ocupa o intervalo de tempo $4T$, igual a quatro bits originais. A taxa de sinalização binária continua a ser a mesma ($1/T$ bits/s), enquanto que a velocidade de impulsos passa a ser a quarta parte, ou seja $1/4T$ baud.

Através destes exemplos verificamos que, ao convertermos um sinal digital binário em uma forma digital multivalente, a taxa de sinalização binária permanece a mesma, enquanto que a velocidade de impulsos passa a ter um valor numérico igual ao original, dividido pela valência do novo sinal. Logo:

$$V_s = V_M \cdot \log_2 N$$

onde:

V_s = taxa de sinalização em bits/s
V_M = velocidade de sinalização em baud
$\log_2 N$ = valência
N = número de níveis.

Estes tipos de conversão são amplamente empregados pelos modens que serão explicados no Item 9.2.6. O CCITT recomenda as codificações da tabela da Fig. 9.21 para serem empregados por estes equipamentos.

Nível ou Estado	*Dígito*									
	2 Níveis Bit	*4 Níveis Dibit*		*8 Níveis Tribit*			*16 Níveis Quadribit*			
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2		1	0	0	1	0	0	0	1	0
3		1	1	0	1	1	0	0	1	1
4				1	1	1	0	1	1	1
5				1	1	0	0	1	1	0
6				1	0	0	0	1	0	0
7				1	0	1	0	1	0	1
8							1	1	0	1
9							1	1	0	0
10							1	1	1	0
11							1	1	1	1
12							1	0	1	1
13							1	0	1	0
14							1	0	0	0
15							1	0	0	1

Fig. 9.21 – Codificação de dígitos.

d) *Modo de transmissão*

Em função do tipo de terminal empregado, as transmissões podem ser classificadas em assíncronas e síncronas.

d.1) *Transmissão assíncrona*

Neste modo de transmissão, as informações são enviadas ao meio de transmissão de maneira intermitente, sendo típico para equipamentos a teclado, onde a velocidade de transmissão depende da velocidade com que o operador transmite as mensagens.

O nome deste modo é inadequado uma vez que deve existir um sincronismo entre o emissor e o receptor. Este sincronismo é feito caráter a caráter, de modo intercalado, indicando mais um comando de partida e parada do que realmente um sincronismo. Um exemplo típico é o caso já estudado dos teleimpressores, onde existem os sinais de *start* e *stop*.

Na Fig. 9.1 temos a representação de um caráter na transmissão assíncrona, cuja explicação já foi apresentada no Item 9.1.1.

As transmissões assíncronas são também denominadas de transmissões start-stop ou arrítmicas, sendo típico o seu emprego em transmissões de dados com taxas de sinalização binária abaixo de 2400 bits/s.

d.2) Transmissão síncrona

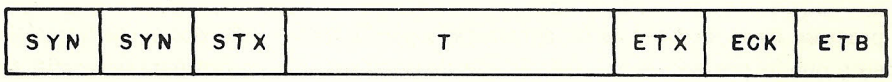
Neste tipo de transmissão os sinais de sincronismo são entremeados com os sinais de informação, caracterizando mais uma sincronização entre os osciladores (relógios) dos equipamentos, do que propriamente um comando de partida e parada. Este sincronismo é necessário porque, para recuperar a informação, o receptor necessita o prévio conhecimento dos instantes correspondentes ao ponto central dos pulsos transmitidos.

Na transmissão síncrona, normalmente o fluxo de caracteres é dividido em blocos, ao início dos quais existe um conjunto de bits ou de dígitos de sincronismo, denominado *caracter de sincronização*. Este caracter de sincronização geralmente é repetido para maior segurança da transmissão.

O fluxo de caracteres deve ser transmitido a velocidade constante e tipicamente por pulsos de mesma duração. Quando a geração for a velocidade variável, como é o caso de um teclado, utilizar-se-á um equipamento conhecido como "buffer", que é um dispositivo de armazenamento usado para compensar uma diferença em velocidades de fluxo de dados, ou uma diferença em instantes de ocorrência de eventos.

Os sistemas que utilizam transmissão síncrona, apesar de mais dispendiosos que os assíncronos, conseguem uma utilização mais eficiente do meio de transmissão, bem como uma melhor proteção contra erros de transmissão. Um dos fatores que ajudam a aumentar esta proteção é o envio, no fim de cada bloco de dados, de um ou mais *caracteres de detecção de erros*, cuja codificação é feita de modo a garantir a máxima proteção contra erros ocasionados por ruídos.

A Fig. 9.22 apresenta o formato de um bloco de dados para transmissão síncrona.



SYN — (SYNCHRONOUS) CARACTER DE SINCRONISMO

STX — (STAR OF TEXT) CARACTER DO INÍCIO DO TEXTO

T — (TEXT) CONJUNTO DE CARACTERES DO TEXTO

ETX — (END OF TEXT) CARACTER DE FIM DE TEXTO

ECK — (ERROR CHECKING) CARACTER DE DETECÇÃO DE ERROS

ETB — (END OF THE BLOCK) CARACTER DE FIM DE BLOCO

Fig. 9.22 – Bloco de dados para transmissão síncrona

e) Modo de operação

Analogamente à transmissão de sinais de voz, existem três modos de operação na transmissão de dados: simplex, semiduplex e duplex.

Estes modos de operação já foram estudados no Item 2.1.

9.2.4 – Meios de Transmissão

Quando a distância entre os terminais geradores e os processadores de sinais de dados for pequena, a interconexão é feita através de pares de fios da rede urbana ou cabo coaxial. É o caso típico de ligações locais.

Quando esta distância for grande, tal interconexão se utilizará das facilidades do multiplex telefônico: canais de voz, canais programa (será explicado em 9.6), grupos básicos e até mesmo supergrupos básicos. É o caso típico de ligações interurbanas ou internacionais.

Para a transmissão através das facilidades do multiplex, o sinal de dados é transformado da forma digital para a forma senoidal. A razão desta conversão é devida a impossibilidade de transmissão dos sinais de dados na forma digital, através dos canais do multiplex telefônico, pois como vimos no Item 3.6, as portadoras do multiplex telefônico não são sincronizados em fase, fazendo com que os sinais digitais não possam ser recuperados na recepção.

São os seguintes os tipos de modulação empregados:

a) Modulação em amplitude (ASK)

Este processo de modulação já foi apresentado para a transmissão dos sinais telegráficos no Item 9.1. É evidente que as portadoras e as velocidades de impulsos empregados para telegrafia, serão diferentes daquelas recomendadas para os sinais de dados, os quais serão apresentados quando forem estudados os modens (Item 9.2.6).

b) Modulação em freqüência (FSK)

Este processo de modulação também já foi apresentado para transmissão dos sinais telegráficos, no Item 9.1. Para este caso também é válida a observação feita para a modulação ASK, relativa às diferenças entre telegrafia e dados.

c) Modulação em fase (PSK – Phase Shift Keyng)

Neste processo de modulação a fase da portadora varia com deslocamentos previamente estabelecidos, em função da presença dos bits 1 ou 0. A Fig. 9.23 representa este tipo de modulação, em que foi estabelecido um deslocamento de 180° na fase da portadora, conforme o bit 1 ou 0 esteja presente ou ausente.

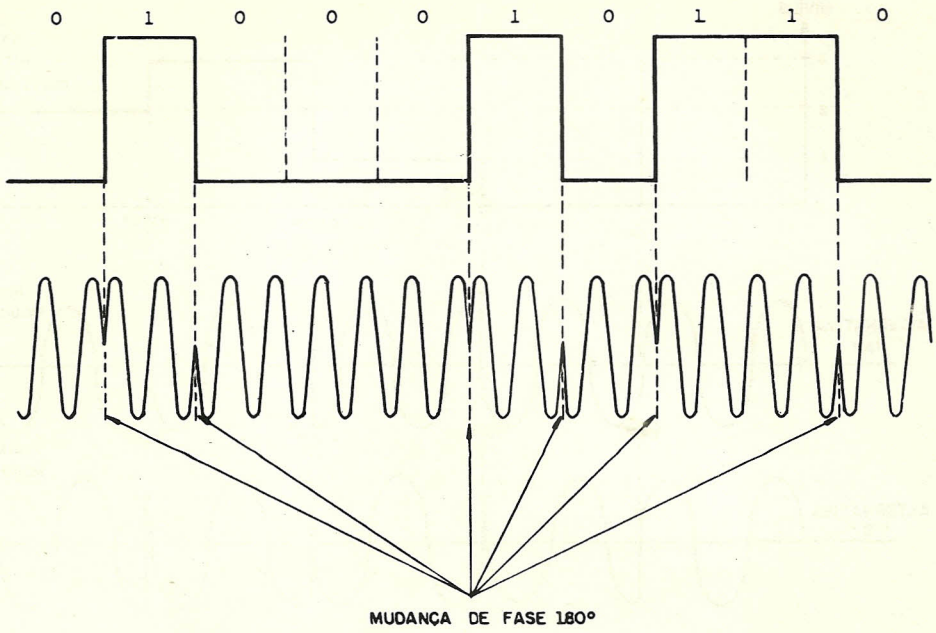


Fig. 9.23 – Modulação em fase (PSK).

Na verdade, este tipo de modulação só é recomendado pelo CCITT, quando o sinal de dados na forma digital binária é convertido em forma digital multinível, conforme vimos em 9.2.3.*c*. A razão desta conversão é para o aproveitamento da faixa de voz dos canais multiplex para maiores velocidades de transmissão, conforme explicaremos no Item 9.2.5. Quando se adota um código de quatro níveis na conversão, conforme aquele apresentado na tabela da Fig. 9.21, o CCITT recomenda que se empregue uma modulação de quatro fases para transmitir os dibits, existindo duas alternativas para os deslocamentos de fases da modulação, conforme a tabela da Fig. 9.24.

Nível ou Estado	*Dibit*	*Mudança de Fase*	
		Alternativa A	*Alternativa B*
0	00	0°	+ 45°
1	01	+ 90°	+ 135°
2	11	+ 180°	+ 225°
3	10	+ 270°	+ 315°

Fig. 9.24 – Tabela para modulação de 4 fases.

Deste modo, cada dibit será representado por uma variação de fase da portadora, conforme mostra a Fig. 9.25.

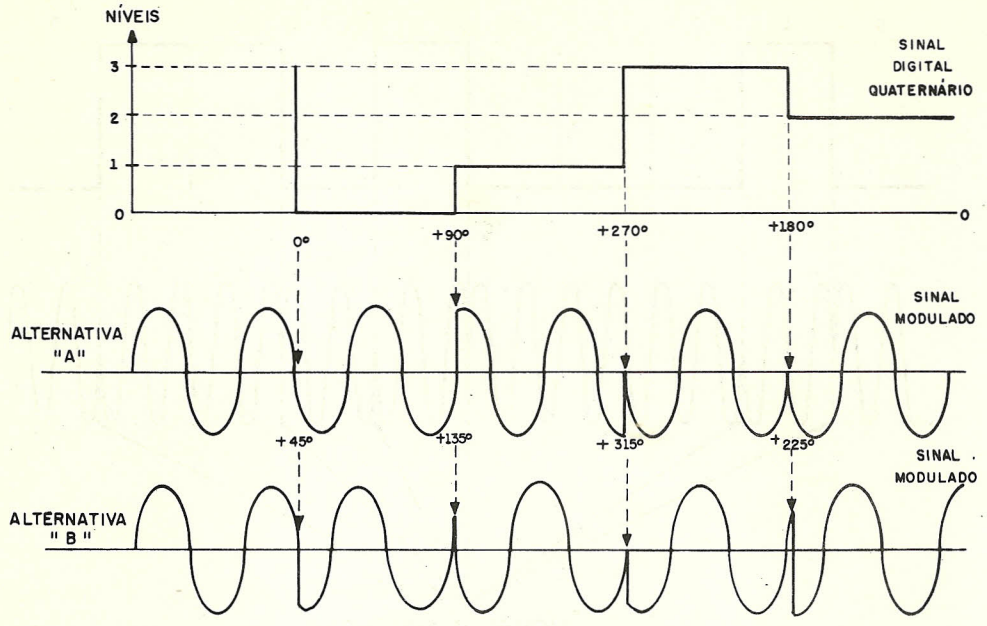


Fig. 9.25 – Modulação de 4 fases.

Quando se adota um código de oito níveis na conversão, conforme aquele apresentado na tabela da Fig. 9.21, o CCITT recomenda que se empregue uma modulação de oito fases para transmitir os tribits, conforme a tabela da Fig. 9.26.

Nível ou Estado	*Tribit*	*Mudança de Fase*
0	001	0°
1	000	45°
2	010	90°
3	011	135°
4	111	180°
5	110	225°
6	100	270°
7	101	315°

Fig. 9.26 – Tabela para modulação de 8 fases.

Deste modo, cada tribit será representado por uma variação de fase da portadora, de maneira semelhante como àquela apresentada para o dibit na Fig. 9.25.

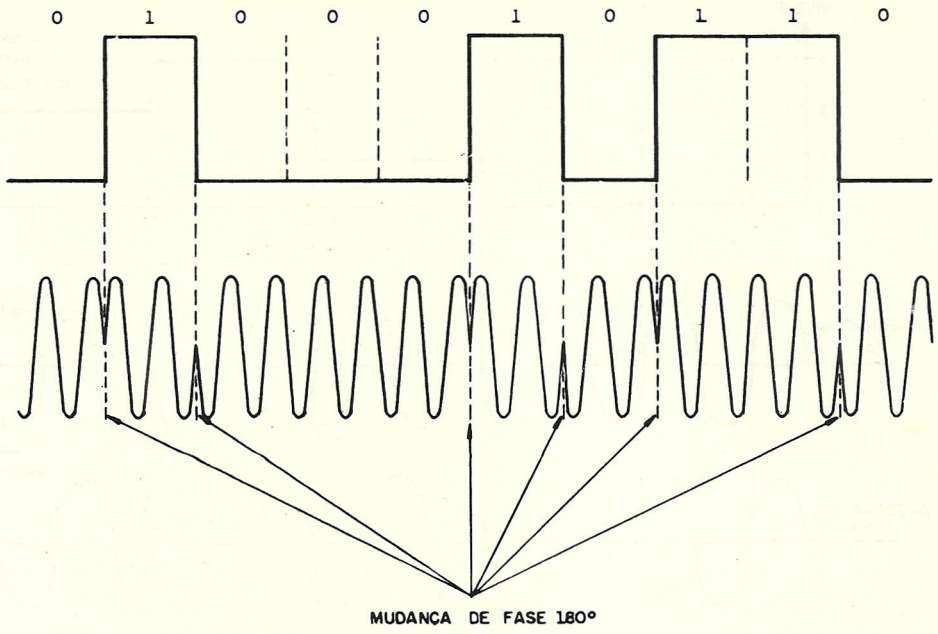


Fig. 9.23 – Modulação em fase (PSK).

Na verdade, este tipo de modulação só é recomendado pelo CCITT, quando o sinal de dados na forma digital binária é convertido em forma digital multinível, conforme vimos em 9.2.3.*c*. A razão desta conversão é para o aproveitamento da faixa de voz dos canais multiplex para maiores velocidades de transmissão, conforme explicaremos no Item 9.2.5. Quando se adota um código de quatro níveis na conversão, conforme aquele apresentado na tabela da Fig. 9.21, o CCITT recomenda que se empregue uma modulação de quatro fases para transmitir os dibits, existindo duas alternativas para os deslocamentos de fases da modulação, conforme a tabela da Fig. 9.24.

Nível ou Estado	*Dibit*	*Mudança de Fase*	
		Alternativa A	*Alternativa B*
0	00	0°	+ 45°
1	01	+ 90°	+ 135°
2	11	+ 180°	+ 225°
3	10	+ 270°	+ 315°

Fig. 9.24 – Tabela para modulação de 4 fases.

Deste modo, cada dibit será representado por uma variação de fase da portadora, conforme mostra a Fig. 9.25.

d) Modulação combinada de fase e amplitude (PSK + ASK)

Este tipo de modulação é recomendado pelo CCITT quando o sinal de dados na forma digital binária é convertido em forma digital de dezesseis níveis, conforme apresentado na tabela da Fig. 9.21. Para transmitir os quadribits é utilizada uma combinação de 8 deslocamentos de fase para a portadora (modulação PSK) com 4 amplitudes (modulação ASK), conforme indica a tabela da Fig. 9.27.

Nível ou Estado	*Quadribit*	*Mudança de fase (PSK)*	*Mudança de amplitude (ASK)*
0	0001	0°	3
1	0000	45°	$\sqrt{2}$
2	0010	90°	3
3	0011	135°	$\sqrt{2}$
4	0111	180°	3
5	0110	225°	$\sqrt{2}$
6	0100	270°	3
7	0101	315°	$\sqrt{2}$
8	1101	315°	$3\sqrt{2}$
9	1100	270°	5
10	1110	225°	$3\sqrt{2}$
11	1111	180°	5
12	1011	135°	$3\sqrt{2}$
13	1010	90°	5
14	1000	45°	$3\sqrt{2}$
15	1001	0°	5

Fig. 9.27 – Tabela para modulação combinada.

Deste modo, cada quadribit será representado por uma variação de fase da portadora com uma determinada amplitude, conforme mostra o exemplo da Fig. 9.28, onde temos o quadribit 0001 (nível 0), representado pela variação de fase de 0° e amplitude de 3 da portadora, o quadribit 0000 (nível 1), representado pela variação de fase de 45° e amplitude $\sqrt{2}$ da portadora, e finalmente o quadribit 1111 (nível 11), representado pela variação de fase de 180° e amplitude 5 da portadora.

Na transmissão através de um par de fios da rede urbana local ou cabo coaxial, o sinal de dados pode ser enviado sob a forma de pulsos de CC (corrente contínua), de maneira análoga ao sinal telegráfico explicado em 9.1.2, ou sob a forma de sinais senoidais modulados, como já descrevemos.

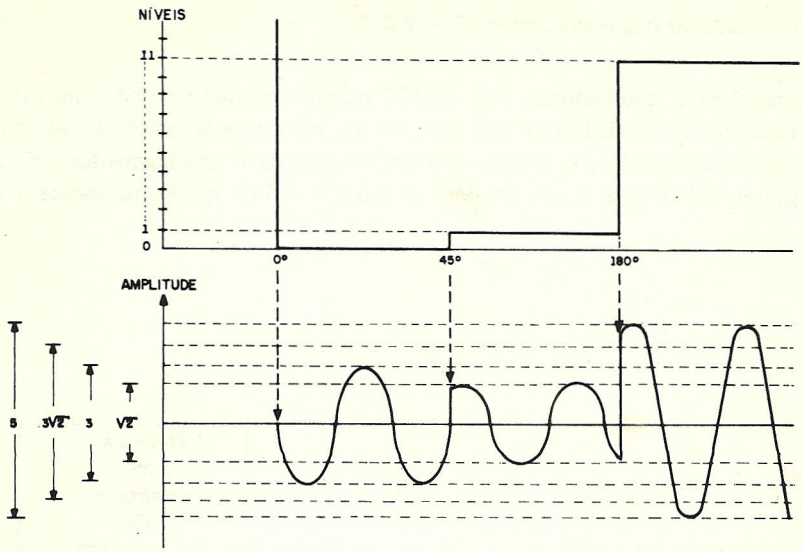


Fig. 9.28 – Modulação combinada de fase e amplitude.

9.2.5 – Faixa de Freqüências necessária para Transmissão do Sinal de Dados

a) Sinal de dados na forma digital

Considerando a passagem de um pulso retangular com duração de T segundos, através de uma estrutura elétrica com características de um filtro passa-baixa ideal de freqüência de corte $F_c = 1/2T$, o sinal na saída desta estrutura consiste de um lóbuio central de largura $2T$ e de lóbulos laterais de largura T de menor amplitude. A Fig. 9.29 representa o que foi dito.

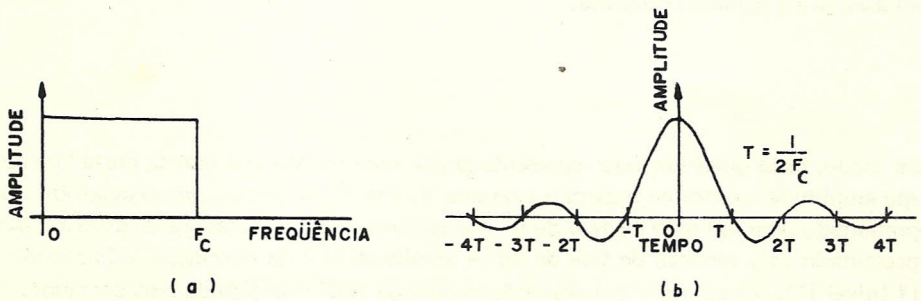


Fig. 9.29 – Resposta de um filtro passa-baixa ideal a um pulso retangular de duração T segundos.

Como já vimos, o sinal de dados consiste de pulsos binários retangulares com duração de T segundos e que ocorrem a cada T segundos. De uma seqüência de bits introduzida em um filtro passa-baixa ideal, como o da Fig. 9.29, pode-se compor o sinal na saída do mesmo, somando-se os sinais resultantes da passagem de cada pulso binário, conforme indica a Fig. 9.30.

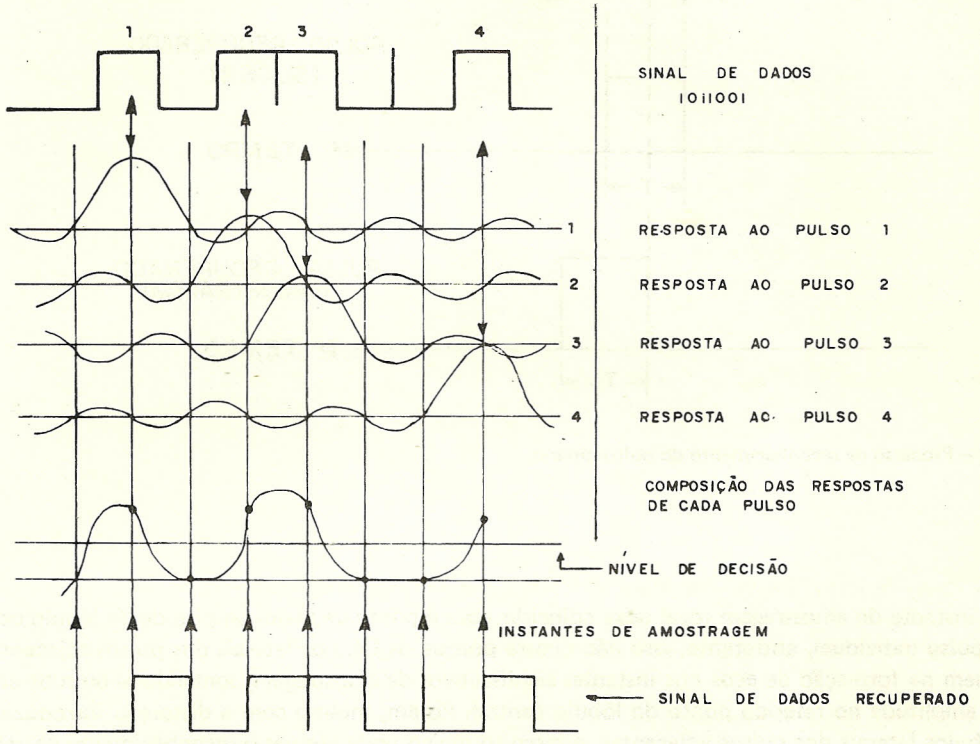


Fig. 9.30 – Passagem do sinal de dados através de filtro passa-baixa ideal e recuperação do sinal.

O reconhecimento dos pulsos binários a partir do sinal obtido na saída do filtro, pode ser realizado por dois processos:

1) Analisando-se a cada T segundos a amplitude do sinal com relação a um nível de decisão estabelecido. Caso a amplitude do sinal no instante de amostragem seja superior ao sinal de decisão, é reconhecido um pulso correspondente ao bit 1; caso seja inferior, é reconhecido o bit 0. O instante de decisão coincide com o centro do pulso individual.

2) Fixando-se um nível de decisão e verificando-se a ocorrência de transições neste nível. Essas transições são definidas quando o sinal ultrapassa, nos sentidos positivo e negativo, a amplitude do nível de decisão (processo denominado "slicer").

A Fig. 9.31 visualiza esses dois processos.

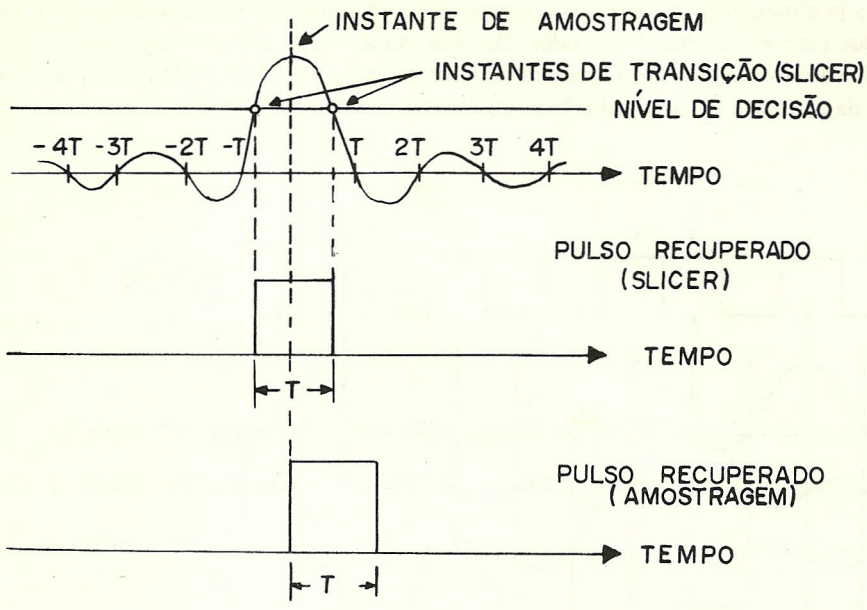


Fig. 9.31 – Processo de reconhecimento do pulso binário.

O instante de amostragem ideal deve coincidir com o ponto de maior amplitude do lóbulo central do pulso individual, entretanto, isso não ocorre porque os lóbulos laterais dos pulsos adjacentes contribuem na formação de *ecos* nos instantes significativos de amostragem, somando-se ou subtraindo-se à amplitude no referido ponto do lóbulo central. Porém, mesmo com a distorção introduzida pelos lóbulos laterais dos pulsos adjacentes, o circuito lógico pode efetuar o reconhecimento correto de cada pulso binário.

Deste modo, se tivermos um sinal de dados com $V_M = 1/T$ bauds, a freqüência de corte mínima necessária para a transmissão do sinal de dados será dada por:

$$F_{c\,\text{mín.}} = \frac{1}{2T} = \frac{V_M}{2} = \frac{1}{2}\,\frac{V_S}{\log_2 N}.$$

Como vimos, esta condição evitará a interferência entre os pulsos adjacentes, permitindo o correto reconhecimento dos pulsos binários dos sinais de dados.

Por exemplo, no caso de um sinal monovalente, a transmissão de 4800 bits/s exige um $F_{c\,\text{mín.}} = 2400$ Hz. Para um sinal trivalente (8 níveis) de 4800 bits/s, essa freqüência será:

$$F_{c\,\text{mín.}} = \frac{1}{2}\,\frac{4800}{\log_2 2^3} = 800\,\text{Hz}.$$

b) Sinal de dados sob a forma de sinais senoidais

b.1) Modulação ASK

Na modulação em amplitude, como foi calculado no Cap. 4, a faixa de freqüências do sinal modulado é $B = 2F$, onde F é a maior freqüência moduladora. Conforme vimos no item anterior, essa

freqüência será dada pela $F_{c_{mín.}}$, o que nos fornece o seguinte valor mínimo de faixa de freqüência necessária para a transmissão, em função da velocidade de impulso V_M ou da taxa de sinalização binária V_S do sinal de dados:

$$B_{mín.} = V_M = \frac{V_S}{\log_2 N}.$$

onde $\log_2 N$ é a valência do sinal de dados.

b.2) *Modulação FSK*

Para esse tipo de modulação, a faixa de freqüências mínima necessária para a transmissão já foi determinada em 9.1.4, sendo dada por:

$$B_{mín.} = 2F + 2\Delta f.$$

onde F é a maior freqüência moduladora, dada por $F_{c_{mín.}}$, e Δf é o desvio de freqüência de modulação. Essa faixa mínima pode ser calculada também em função da velocidade de impulsos V_M ou da taxa de sinalização binária V_S do sinal de dados, através de:

$$B_{mín.} = V_M + 2\Delta f = \frac{V_S}{\log_2 N} + 2\Delta f.$$

Por exemplo, para um sinal de dados em que $V_M = 600$ baud e $\Delta f = 200$ Hz, devemos ter:

$$B_{mín.} = 600 + 2 \times 200 = 1\,000 \text{ Hz}.$$

b.3) *Modulação PSK*

Para determinação da faixa de freqüências necessária para a transmissão do sinal de dados na forma de modulação PSK, podemos considerar o sinal modulado como formado por pulsos de duração T segundos da mesma portadora, em que a única variável é a fase, como indica a Fig. 9.32.

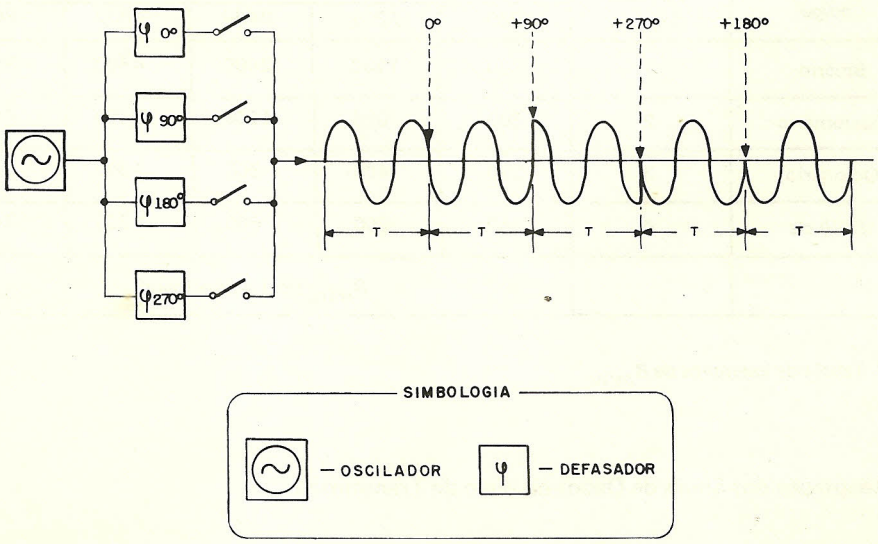


Fig. 9.32 – Formação do sinal PSK.

Neste caso é válido considerarmos o PSK como um ASK, com vistas a determinação de faixa $B_{mín.}$ que, como vimos em *b*.1, será dada por:

$$B_{mín.} = V_M = \frac{V_S}{\log_2 N}.$$

Como podemos notar, a faixa de freqüências não dependerá do número de fases empregadas na modulação PSK, sendo somente função das características do sinal de dados.

b.4) *Modulação combinada PSK/ASK*

Neste caso também é válida a mesma análise do Item *b*.3, somente que o sinal modulado terá mais uma variável, a amplitude da portadora, que também não terá nenhuma importância na determinação da faixa $B_{mín.}$, a qual será ainda dada por:

$$B_{mín.} = V_M = \frac{V_S}{\log_2 N}.$$

Por exemplo, a faixa $B_{mín.}$ para o sinal de dados de 9600 bits/s, que é transmitido na forma de quadribits (16 níveis), utilizando uma modulação combinada de PSK (8 fase) e ASK (4 amplitudes), será:

$$B_{mín.} = \frac{9\,600}{\log_2 16} = 2\,400 \text{ Hz}.$$

Observação: Como vimos, o valor de $B_{mín.}$ é inversamente proporcional à valência do sinal de dados, qualquer que seja o processo de modulação empregado. Em outras palavras, para uma dada taxa de sinalização binária, quanto menor for a velocidade de impulsos, menor será a $B_{mín.}$. Por exemplo, a tabela da Fig. 9.33 apresenta os valores de $B_{mín.}$ para algumas taxas de sinalização binária com valências de 1, 2, 3 e 4, considerando-se a modulação ASK para o código binário, a modulação PSK para os códigos quaternário e octonário e a modulação combinada para o código de 16 níveis.

Código	*Valência* ($log_2 N$)	V_S *(bits/s)*				
		600	*1200*	*2400*	*4800*	*9600*
Binário	1	600	1200	2400	4800	9600
Quaternário	2	300	600	1200	2400	4800
Octonário	3	200	400	800	1600	3200
16 Níveis	4	150	300	600	1200	2400
		$B_{mín.}$ (Hz) = V_M (baud)				

Fig. 9.33 – Tabela de exemplos de $B_{mín.}$

9.2.6 – Adaptação dos Sinais de Dados no Meio de Transmissão

Para adaptar os sinais de dados aos meios de transmissão são usados equipamentos conhecidos por MODEM (modulador-demodulador).

Quando se transmite o sinal de dados na forma digital, utiliza-se o chamado *modem digital*, também conhecido como *modem de banda de base*.

Para o sinal de dados transmitido sob a forma de sinais senoidais modulados, é empregado o *modem analógico*.

Vamos então analisar como cada um dos tipos de modem realiza as adaptações ao meio da transmissão, indicando as especificações do CCITT para os mesmos (Itens *a* e *b*), bem como as diversas formas de empregar estes equipamentos nas ligações mais usuais entre terminais de dados (Item *c*).

a) Modem digital

Este equipamento tem a finalidade de adaptar os níveis e impedâncias dos terminais de dados aos pares de fios da rede urbana local, ou ao cabo coaxial, bem como, através de processos específicos de codificação, sincronizar o modem transmissor com o receptor.

Como os modens digitais atualmente não são padronizados pelo CCITT, cada fabricante utiliza um processo particular de codificação e transmissão dos sinais digitais. Existem fabricantes em que a velocidade de impulsos V_M do modem é numericamente menor que a taxa de sinalização binária V_S do sinal de dados, outros em que é igual, e até casos em que é maior. Por exemplo, para uma mesma taxa de sinalização binária de 9600 bits, a velocidade de impulsos do modem digital de um fabricante é de 19200 bauds (porque foram inseridos informações de sincronismo), enquanto que a velocidade de impulsos do modem digital de outro fabricante é de 4800 bauds (porque foi codificado em multinível).

A principal vantagem de se empregar este tipo de modem é a sua simplicidade e custos reduzidos, com relação aos modens analógicos. Entretanto, os modens digitais requerem do meio de transmissão uma $F_{c_{mín.}}$, cuja determinação foi apresentada em 9.2.5, razão pela qual os pares de fios da rede urbana que forem empregados não devem conter elementos limitadores da faixa de freqüências, tais como bobinas de pupinização, amplificadores de voz etc.

Outra restrição ao uso destes equipamentos refere-se ao comprimento da linha utilizada, a qual não pode ultrapassar certos limites fixados pela velocidade de impulsos e pelas características dessa linha. Geralmente os fabricantes especificam uma freqüência para a qual a linha pode apresentar uma limitada atenuação, imposta pelo modem receptor. Esta freqüência é função do $F_{c_{mín.}}$ calculado em 9.2.5. Por exemplo, um modem digital de um determinado fabricante, que para sinais de dados de 9600 bits/s possui uma velocidade de impulsos de 19200 baud, admite uma atenuação máxima de 30*dB* na freqüência de 9600 Hz. Esta freqüência, como sabemos, é a $F_{c_{mín.}}$.

Na falta de condições técnicas que possibilitem o uso de pares de fios da rede urbana como meio de transmissão dos modens digitais, deve-se empregar modem analógico, ou lançar um cabo coaxial para servir de meio de transmissão ao modem digital. Esta última alternativa só é empregada em taxas de sinalização binária alta, como por exemplo 1544 e 2048 kbits/s.

O modo de transmissão dos modens digitais é síncrono ou assíncrono, podendo operar em simplex, semiduplex ou duplex. Para os dois primeiros modos de operação a ligação é feita a dois fios ou quatro fios, enquanto que no modo duplex a ligação é a quatro fios.

b) Modem analógico

A seguir apresentaremos, para cada uma das taxas de sinalização binária do sinal de dados, as recomendações do CCITT para os respectivos modens analógicos, indicando as suas principais características.

b.1) *Até 300 bits/s (recomendação V.21)*

Este modem analógico é indicado para ser empregado nos circuitos a 2 fios para linhas privativas ou comutadas, operando no modo duplex.

Sua ligação ao multiplex telefônico é feita através de uma híbrida.

As principais características são:

– Emprega a modulação FSK, utilizando a portadora de 1080 Hz na direção $A \rightarrow B$ e a portadora de 1750 Hz na direção $B \rightarrow A$. O desvio de freqüência adotado é $\Delta f = \pm 100$ Hz.

– A velocidade de impulsos do modem é de $V_M = 200$ baud.

– A $B_{mín.}$ numa direção vai de 880 a 1280 Hz, sendo de 1550 a 1950 Hz na outra direção. Não apresenta problemas para o canal de voz do multiplex telefônico.

– O modo de transmissão do sinal de dados pode ser síncrono ou assíncrono.

b.2) *1 200 bits/s (recomendação V.22)*

Este modem analógico é indicado para ser empregado nos circuitos a 2 fios para linhas privativas ou comutadas, operando no modo duplex.

As principais características são:

– Emprega a modulação *PSK* de quatro fases, na alternativa *A* ou *B*, utilizando a portadora de 1 200 Hz numa direção, e a portadora de 2 400 Hz na outra direção.

– A velocidade de impulsos do modem é de $V_M = 600$ baud, empregando uma codificação de quatro níveis (dibit).

– A $B_{mín}$ vai de 900 Hz a 1 500 Hz numa direção, e de 2 100 Hz a 2 700 Hz na outra.

– O modo de transmissão do sinal de dados pode ser síncrono ou assíncrono.

b.3) *600 ou 1200 bits/s (recomendação V.23)*

Este modem analógico é indicado para ser empregado nos circuitos a 2 fios para linhas privativas ou comutadas, operando no modo simplex.

As principais características são:

– Emprega a modulação FSK, utilizando a portadora de 1500 Hz com desvio $\Delta f = \pm 200$ Hz quando o sinal de dados for de 600 bits/s. Para 1200 bits/s a portadora é de 1700 Hz com desvio $\Delta f = \pm 400$ Hz.

– A velocidade de impulsos do modem é de 600 baud e 1200 baud, respectivamente para 600 e 1200 bits/s.

– Para 600 baud a $B_{mín.}$ vai de 1000 a 2000 Hz, enquanto que para 1200 baud esta faixa vai de 700 a 2700 Hz. Não apresenta problemas para o canal de voz do multiplex telefônico.

– O modo de transmissão do sinal de dados pode ser assíncrono e síncrono.

b.4) *2400 bits/s (recomendação V.26)*

Este modem analógico é indicado para ser empregado nos circuitos a 4 fios para linhas privativas, operando no modo duplex.

As principais características são:

– Emprega a modulação PSK de quatro fases na alternativa *A* ou *B*, utilizando uma portadora de 1800 Hz. O funcionamento entre os modens transmissor e receptor é síncrono.

Quando se transmite o sinal de dados na forma digital, utiliza-se o chamado *modem digital*, também conhecido como *modem de banda de base*.

Para o sinal de dados transmitido sob a forma de sinais senoidais modulados, é empregado o *modem analógico*.

Vamos então analisar como cada um dos tipos de modem realiza as adaptações ao meio da transmissão, indicando as especificações do CCITT para os mesmos (Itens *a* e *b*), bem como as diversas formas de empregar estes equipamentos nas ligações mais usuais entre terminais de dados (Item *c*).

a) Modem digital

Este equipamento tem a finalidade de adaptar os níveis e impedâncias dos terminais de dados aos pares de fios da rede urbana local, ou ao cabo coaxial, bem como, através de processos específicos de codificação, sincronizar o modem transmissor com o receptor.

Como os modens digitais atualmente não são padronizados pelo CCITT, cada fabricante utiliza um processo particular de codificação e transmissão dos sinais digitais. Existem fabricantes em que a velocidade de impulsos V_M do modem é numericamente menor que a taxa de sinalização binária V_S do sinal de dados, outros em que é igual, e até casos em que é maior. Por exemplo, para uma mesma taxa de sinalização binária de 9600 bits, a velocidade de impulsos do modem digital de um fabricante é de 19200 bauds (porque foram inseridos informações de sincronismo), enquanto que a velocidade de impulsos do modem digital de outro fabricante é de 4800 bauds (porque foi codificado em multinível).

A principal vantagem de se empregar este tipo de modem é a sua simplicidade e custos reduzidos, com relação aos modens analógicos. Entretanto, os modens digitais requerem do meio de transmissão uma $F_{c_{mín.}}$, cuja determinação foi apresentada em 9.2.5, razão pela qual os pares de fios da rede urbana que forem empregados não devem conter elementos limitadores da faixa de freqüências, tais como bobinas de pupinização, amplificadores de voz etc.

Outra restrição ao uso destes equipamentos refere-se ao comprimento da linha utilizada, a qual não pode ultrapassar certos limites fixados pela velocidade de impulsos e pelas características dessa linha. Geralmente os fabricantes especificam uma freqüência para a qual a linha pode apresentar uma limitada atenuação, imposta pelo modem receptor. Esta freqüência é função do $F_{c_{mín.}}$ calculado em 9.2.5. Por exemplo, um modem digital de um determinado fabricante, que para sinais de dados de 9600 bits/s possui uma velocidade de impulsos de 19200 baud, admite uma atenuação máxima de 30*dB* na freqüência de 9600 Hz. Esta freqüência, como sabemos, é a $F_{c_{mín.}}$.

Na falta de condições técnicas que possibilitem o uso de pares de fios da rede urbana como meio de transmissão dos modens digitais, deve-se empregar modem analógico, ou lançar um cabo coaxial para servir de meio de transmissão ao modem digital. Esta última alternativa só é empregada em taxas de sinalização binária alta, como por exemplo 1544 e 2048 kbits/s.

O modo de transmissão dos modens digitais é síncrono ou assíncrono, podendo operar em simplex, semiduplex ou duplex. Para os dois primeiros modos de operação a ligação é feita a dois fios ou quatro fios, enquanto que no modo duplex a ligação é a quatro fios.

b) Modem analógico

A seguir apresentaremos, para cada uma das taxas de sinalização binária do sinal de dados, as recomendações do CCITT para os respectivos modens analógicos, indicando as suas principais características.

b.1) *Até 300 bits/s (recomendação V.21)*

Este modem analógico é indicado para ser empregado nos circuitos a 2 fios para linhas privativas ou comutadas, operando no modo duplex.

Sua ligação ao multiplex telefônico é feita através de uma híbrida.

As principais características são:

– Emprega a modulação FSK, utilizando a portadora de 1080 Hz na direção $A \rightarrow B$ e a portadora de 1750 Hz na direção $B \rightarrow A$. O desvio de freqüência adotado é $\Delta f = \pm 100$ Hz.

– A velocidade de impulsos do modem é de $V_M = 200$ baud.

– A $B_{mín.}$ numa direção vai de 880 a 1280 Hz, sendo de 1550 a 1950 Hz na outra direção. Não apresenta problemas para o canal de voz do multiplex telefônico.

– O modo de transmissão do sinal de dados pode ser síncrono ou assíncrono.

b.2) *1 200 bits/s (recomendação V.22)*

Este modem analógico é indicado para ser empregado nos circuitos a 2 fios para linhas privativas ou comutadas, operando no modo duplex.

As principais características são:

– Emprega a modulação *PSK* de quatro fases, na alternativa *A* ou *B*, utilizando a portadora de 1 200 Hz numa direção, e a portadora de 2 400 Hz na outra direção.

– A velocidade de impulsos do modem é de $V_M = 600$ baud, empregando uma codificação de quatro níveis (dibit).

– A $B_{mín}$ vai de 900 Hz a 1 500 Hz numa direção, e de 2 100 Hz a 2 700 Hz na outra.

– O modo de transmissão do sinal de dados pode ser síncrono ou assíncrono.

b.3) *600 ou 1200 bits/s (recomendação V.23)*

Este modem analógico é indicado para ser empregado nos circuitos a 2 fios para linhas privativas ou comutadas, operando no modo simplex.

As principais características são:

– Emprega a modulação FSK, utilizando a portadora de 1500 Hz com desvio $\Delta f = \pm 200$ Hz quando o sinal de dados for de 600 bits/s. Para 1200 bits/s a portadora é de 1700 Hz com desvio $\Delta f = \pm 400$ Hz.

– A velocidade de impulsos do modem é de 600 baud e 1200 baud, respectivamente para 600 e 1200 bits/s.

– Para 600 baud a $B_{mín.}$ vai de 1000 a 2000 Hz, enquanto que para 1200 baud esta faixa vai de 700 a 2700 Hz. Não apresenta problemas para o canal de voz do multiplex telefônico.

– O modo de transmissão do sinal de dados pode ser assíncrono e síncrono.

b.4) *2400 bits/s (recomendação V.26)*

Este modem analógico é indicado para ser empregado nos circuitos a 4 fios para linhas privativas, operando no modo duplex.

As principais características são:

– Emprega a modulação PSK de quatro fases na alternativa *A* ou *B*, utilizando uma portadora de 1800 Hz. O funcionamento entre os modens transmissor e receptor é síncrono.

– A velocidade de impulsos do modem é de 1200 bauds, empregando uma codificação de quatro níveis (dibit).

– A $B_{mín.}$ vai de 1200 a 2400 Hz, não apresentando problemas para o canal de voz do multiplex telefônico.

b.5) *1200 ou 2400 bits/s (recomendação V.26 bis)*

Este modem analógico é indicado para ser empregado nos circuitos a 4 fios para linhas privativas operando no modo duplex, ou a 2 fios para linhas comutadas ou privativas, operando no modo semiduplex.

As suas características são as mesmas da recomendação V.26.

b.6) *4800 bits/s (recomendação V.27)*

Este modem analógico é indicado para ser empregado nos circuitos a 4 fios para linhas privativas, operando no modo duplex ou semiduplex.

As principais características são:

– Emprega modulação PSK de oito fases, utilizando a portadora de 1800 Hz. O funcionamento entre os modens é síncrono.

– A velocidade de impulsos do modem é de 1600 bauds, empregando uma codificação de oito níveis (tribit).

– A $B_{mín.}$ vai de 1 000 a 2 600 Hz não apresentando problemas para o canal de voz do multiplex telefônico.

– Inclui um equalizador de ajuste manual para compensar características da linha urbana local.

b.7) *2400 ou 4800 bits/s (recomendação V.27 bis)*

Este modem analógico é indicado para ser empregado nos circuitos a 4 fios para linhas privativas operando no modo duplex, ou nos circuitos a 2 fios operando no modo semiduplex.

Para a taxa de sinalização binária de 2400 bits/s, o funcionamento e as características do modem são idênticas ao da recomendação V.26.

Para a taxa de sinalização binária de 4800 bits/s, as características são análogas ao da recomendação V.27, com exceção do equalizador, que neste caso tem ajuste automático.

b.8) *2400 ou 4800 bits/s (recomendação V.27 ter)*

Este modem analógico é idêntico ao modem da recomendação V.27 bis, porém o seu emprego é para linhas comutadas, operando no modo semiduplex.

b.9) *4800 ou 7200 ou 9600 bits/s (recomendação V.29)*

Este modem analógico é indicado para ser empregado nos circuitos a 4 fios para linhas privativas operando no modo duplex.

As principais características são:

– Emprega modulação combinada ASK e PSK, utilizando a portadora de 1700Hz. O funcionamento entre os modens é síncrono.

– A velocidade de impulsos do modem é de 2400 bauds, empregando uma codificação de 16 níveis (quadribit).

– A $B_{m\,fn.}$ vai de 500 a 2900Hz, não apresentando problemas para o canal de voz do multiplex telefônico.

– Inclui um equalizador com ajuste automático para compensar as características da linha urbana local.

– Possui um circuito multiplexador que adota a técnica TDM, cuja explicação será apresentada no Cap. 10. Este circuito permite que diversos sinais de dados, com taxas de sinalização binária iguais ou diferentes, sejam multiplexados, de tal modo que o conjunto é transmitido numa taxa de sinalização mais alta, numericamente igual a soma das taxas que o compõem. Por exemplo, um sinal de dados com 2400 bits/s pode ser multiplexado com outro de 4800 bits/s, obtendo-se um sinal de 7200 bits/s; quatro sinais de dados de 2400 bits/s podem ser multiplexados, obtendo-se um sinal de 9600 bits/s.

V_S do Modem (bits/s)	*Configuração do TDM*	*Canal do TDM*	*V_S do Canal TDM (bits/s)*
9600	1	*A*	9600
	2	*A*	7200
		B	2400
	3	*A*	4800
		B	4800
	4	*A*	4800
		B	2400
		C	2400
	5	*A*	2400
		B	2400
		C	2400
		D	2400
7200	6	*A*	7200
	7	*A*	4800
		B	2400
	8	*A*	2400
		B	2400
		C	2400
4800	9	*A*	4800
	10	*A*	2400
		B	2400

Fig. 9.34 – Configurações de entradas do modem da Rec. V.29.

É evidente que para uma determinada taxa de sinalização de saída, teremos diversas combinações para as taxas de entrada do multiplexador as quais doravante chamaremos de configurações. Às entradas do multiplexador denominamos canais TDM.

Na tabela da Fig. 9.34 estão representadas as diversas configurações do circuito multiplexador do modem, considerando-se cada uma das taxas de sinalização binária de saída que o mesmo admite. Estas configurações apresentadas são padronizadas pelo CCITT.

b.9) *48 kbits/s, 56 kbits/s, 64 kbits/s ou 72 kbits/s* (recomendação V.35 e V.36)

Este modem analógico é indicado para ser empregado quando o meio de transmissão utilizado é um grupo básico do multiplex telefônico (60 a 108 kHz).

As principais características são:

– Emprega modulação em amplitude com faixa lateral única assimétrica e portadora suprimida. (AM – ASSB – SC – "Amplitude Modulation – Assimetric Single Side Band – Supressed Carrier"). Este tipo de modulação é praticamente a mesma empregada pelo multiplex telefônico, explicada no Cap. 3, porém o filtro na saída do modulador permite também a passagem de uma pequena parcela da faixa não transmitida, a fim de que possa ser possível a recuperação da portadora empregada na demodulação. Deste modo as portadoras de transmissão e recepção estarão em fase, não ocorrendo os problemas explicados em 3.6.

A portadora empregada é de 100kHz.

– A velocidade de impulsos do modem será numericamente igual à taxa de sinalização binária empregada.

c) Emprego dos modens na transmissão de dados através das facilidades do multiplex telefônico

A Fig. 9.35 apresenta alguns exemplos da utilização das facilidades do multiplex telefônico como meio de transmissão para os assinantes de uma localidade *A*.

O assinante 1, cujo terminal de dados transmite com uma taxa de sinalização binária de 4800 bits/s, deseja se interligar a um terminal da localidade *B*. Para este fim utiliza-se um canal de voz da rota $A \rightarrow B$, empregando-se um modem analógico junto ao terminal do cliente, para fazer a adaptação ao meio da transmissão. É evidente que junto ao terminal de dados na localidade *B* existirá um outro modem analógico.

Os assinantes 2, 3 e 4, cujos terminais de dados transmitem, respectivamente, com taxas de sinalização binária de 2400 bits/s e 4800 bits/s, desejam transmitir dados para a localidade *C*. Esta ligação poderia ser feita de maneira análoga à do assinante *A*, empregando modens analógicos e canais de voz para cada assinante. Entretanto, é mais econômico fazer a ligação empregando pares de modens digitais para a ligação de cada assinante com a terminal multiplex; após, os sinais digitais são adaptados a um canal de voz da rota $A \rightarrow C$, por meio de um modem para 9600 bits, conforme explicado no item anterior *b*.

Os assinantes 5, . . . , *N*, cujos terminais de dados transmitem com diversas taxas de sinalização binária, desejam transmitir dados para a localidade *D*. Esta ligação pode ser feita de maneira análoga à explicada para os assinantes 2, 3 e 4, sendo empregado um multiplex por divisão de tempo (será explicado no Cap. 10) para permitir o emprego de um único meio de transmissão. A adaptação dos sinais digitais do TDM ao grupo básico da rota $A \rightarrow D$, é feita por um modem analógico para a taxa de sinalização binária na saída do TDM, geralmente entre 48 e 72kbits/s.

OBSERVAÇÃO: O modem analógico para taxas de sinalização binária de 1544 e 2048 kbits/s, que necessita a banda de freqüências de todo um supergrupo básico para a transmissão dos sinais de dados, ainda não foi padronizado pelo CCITT.

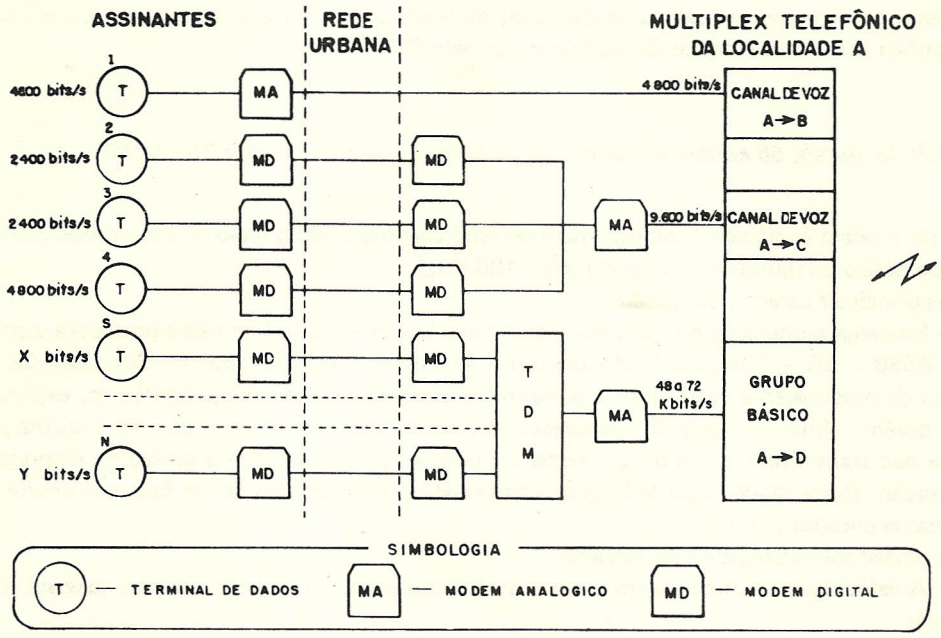


Fig. 9.35 – Transmissão de dados através das facilidades do multiplex telefônico.

9.2.7 – Interface entre o Modem Analógico e o Multiplex Telefônico

No Cap. 8, Item 8.7, vimos que os equipamentos do multiplex telefônico são projetados para as comunicações telefônicas, para as quais são considerados fatores de atividade e pico compatíveis com as características dos sinais de voz.

Como os sinais de dados são de natureza diversa dos sinais de voz, a potência dos sinais de dados no interface modem analógico – multiplex telefônico, bem como o número de facilidades do multiplex telefônico que podem ser utilizadas como meio de transmissão dos sinais de dados, devem ser limitados. Aspectos semelhantes foram vistos para as transmissões telegráficas.

A fim de evitar a degradação do sistema multiplex telefônico, o CCITT recomenda que se adotem os seguintes limites para cada uma das facilidades:

a) Canal de Voz (recomendação H.51)

Para uma utilização de 10 a 20% dos canais de voz de um sistema multiplex telefônico como meio de transmsisão de sinais de dados, a potência média na faixa de voz de cada canal deve ser no máximo de $-10dBmO$ quando o modo de operação for simplex ou semi-duplex e $-13dBmO$ para operação duplex.

Por exemplo, num sistema multiplex telefônico cuja capacidade é de 900 canais, podem ser empregados de 90 a 180 canais para transmissão de dados, desde que se empreguem as potências máxi-

mas especificadas. É evidente que os canais a serem escolhidos devem estar o mais separados possíveis na banda básica, de preferência de 1 a 3 canais por grupo.

b) Grupo básico (recomendação H.52)

Para a utilização de um grupo básico (Item 9.2.6) como meio de transmissão de sinais de dados, o CCITT recomenda que a potência média na faixa de 60 – 108kHz, deve ser no máximo igual à potência média correspondente aos sinais de voz de 12 canais. Como vimos no Item 8.7, esta potência será dada por:

$$P_t = -15 + 10 \log_{10} N = -15 + 10 \log_{10} 12 = -4 dBmO$$

c) Supergrupo básico (recomendação H.53)

Para a utilização de um supergrupo básico (Item 9.2.6) como meio de transmissão de sinais de dados, o CCITT recomenda que a potência média na faixa de 312-552kHz, deve ser no máximo igual à potência média correspondente aos sinais de voz de 60 canais. Como vimos no Item 8.7, esta potência será dada por:

$$P_t = -15 + 10 \log_{10} N = -15 + 10 \log_{10} 60 = +3 dBmO$$

OBSERVAÇÃO: O CCITT não especifica o número máximo de grupos e supergrupos básicos, em uma mesma banda básica, que podem ser empregados para transmissão de sinais de dados.

9.2.8 – Características dos Circuitos para Transmissão de Dados

Para as velocidades de 1200 e 2400 bits/seg as características dos circuitos telefônicos normais são satisfatórias. Para a transmissão de dados nas velocidades de 4800, 7200 e 9600 bits/seg, há necessidade de circuitos de qualidade superior à dos circuitos telefônicos normais.

As recomendações M.1 020 e V.53 do CCITT definem as características de qualidade necessária para esse fim, que são a seguir relacionadas:

a) Atenuação em 800Hz

Este parâmetro não é fixado, entretanto, é recomendável um valor não maior que 30*dB*.

b) Variação com o tempo da atenuação em 800Hz

Esta variação deve ser tão pequena quanto possível, não devendo exceder aos seguintes limites:

– variação a curto prazo → ± 3*dB* (período de alguns segundos);

– variação a longo prazo → ± 4*dB* (períodos longos incluindo as variações diárias e com as estações do ano).

c) Distorção de atenuação

Os limites da atenuação relativa à atenuação na freqüência de 800Hz, para o circuito entre as instalações terminais, são mostrados na tabela da Fig. 9.36.

Faixa de Freqüência	*Atenuação Total Relativa a 800Hz*
Abaixo de 300Hz	Não especificado
300 a 500Hz 500 a 2800Hz 2800 a 3000Hz	+ 6*dB* a – 2*dB* + 3*dB* a – 1*dB* + 6*dB* a – 2*dB*
Acima de 3000Hz	Não especificado

Fig. 9.36 – Tabela de limite de distorção de atenuação.

d) Distorção de retardo de grupo

Os limites para distorção de retardo de grupo são mostrados na tabela da Fig. 9.37. Estes limites estão expressos em referência ao retardo de grupo mínimo medido.

Faixa de Freqüência	*Retardo de Grupo em Referência ao Retardo de Grupo Mínimo*
Abaixo de 500Hz	Não especificado
500 a 600Hz 600 a 1000Hz 1000 a 2600Hz 2600 a 2800Hz	3,0ms 1,5ms 0,5ms 3,0ms
Acima de 2800 Hz	Não especificado

Fig. 9.37 – Tabela de limite de retardo de grupo.

e) Ruído uniformemente distribuído

O nível de potência do ruído psofométrico no terminal do usuário depende, basicamente, da constituição do circuito e, em particular, da extensão do circuito no sistema multiplex. O limite atualmente recomendado, para circuito de transmissão de dados com distância maior que 10000km é — 38*dBmOp*. Entretanto, circuitos de menor comprimento terão esse ruído substancialmente diminuído.

f) Ruído impulsivo

Medido com o instrumento especificado na Rec. 0.71 do CCITT, o número de picos superiores a – 21*dBmO* não deve ser maior que 18, num intervalo de tempo de 15 minutos.

mas especificadas. É evidente que os canais a serem escolhidos devem estar o mais separados possíveis na banda básica, de preferência de 1 a 3 canais por grupo.

b) Grupo básico (recomendação H.52)

Para a utilização de um grupo básico (Item 9.2.6) como meio de transmissão de sinais de dados, o CCITT recomenda que a potência média na faixa de 60 – 108kHz, deve ser no máximo igual à potência média correspondente aos sinais de voz de 12 canais. Como vimos no Item 8.7, esta potência será dada por:

$$P_t = -15 + 10 \log_{10} N = -15 + 10 \log_{10} 12 = -4 dBmO$$

c) Supergrupo básico (recomendação H.53)

Para a utilização de um supergrupo básico (Item 9.2.6) como meio de transmissão de sinais de dados, o CCITT recomenda que a potência média na faixa de 312-552kHz, deve ser no máximo igual à potência média correspondente aos sinais de voz de 60 canais. Como vimos no Item 8.7, esta potência será dada por:

$$P_t = -15 + 10 \log_{10} N = -15 + 10 \log_{10} 60 = +3 dBmO$$

OBSERVAÇÃO: O CCITT não especifica o número máximo de grupos e supergrupos básicos, em uma mesma banda básica, que podem ser empregados para transmissão de sinais de dados.

9.2.8 – Características dos Circuitos para Transmissão de Dados

Para as velocidades de 1200 e 2400 bits/seg as características dos circuitos telefônicos normais são satisfatórias. Para a transmissão de dados nas velocidades de 4800, 7200 e 9600 bits/seg, há necessidade de circuitos de qualidade superior à dos circuitos telefônicos normais.

As recomendações M.1 020 e V.53 do CCITT definem as características de qualidade necessária para esse fim, que são a seguir relacionadas:

a) Atenuação em 800Hz

Este parâmetro não é fixado, entretanto, é recomendável um valor não maior que 30*dB*.

b) Variação com o tempo da atenuação em 800Hz

Esta variação deve ser tão pequena quanto possível, não devendo exceder aos seguintes limites:

– variação a curto prazo → ± 3*dB* (período de alguns segundos);

– variação a longo prazo → ± 4*dB* (períodos longos incluindo as variações diárias e com as estações do ano).

c) Distorção de atenuação

Os limites da atenuação relativa à atenuação na freqüência de 800Hz, para o circuito entre as instalações terminais, são mostrados na tabela da Fig. 9.36.

A Fig. 9.38 ilustra o efeito deste ruído na transmissão do sinal de dados.

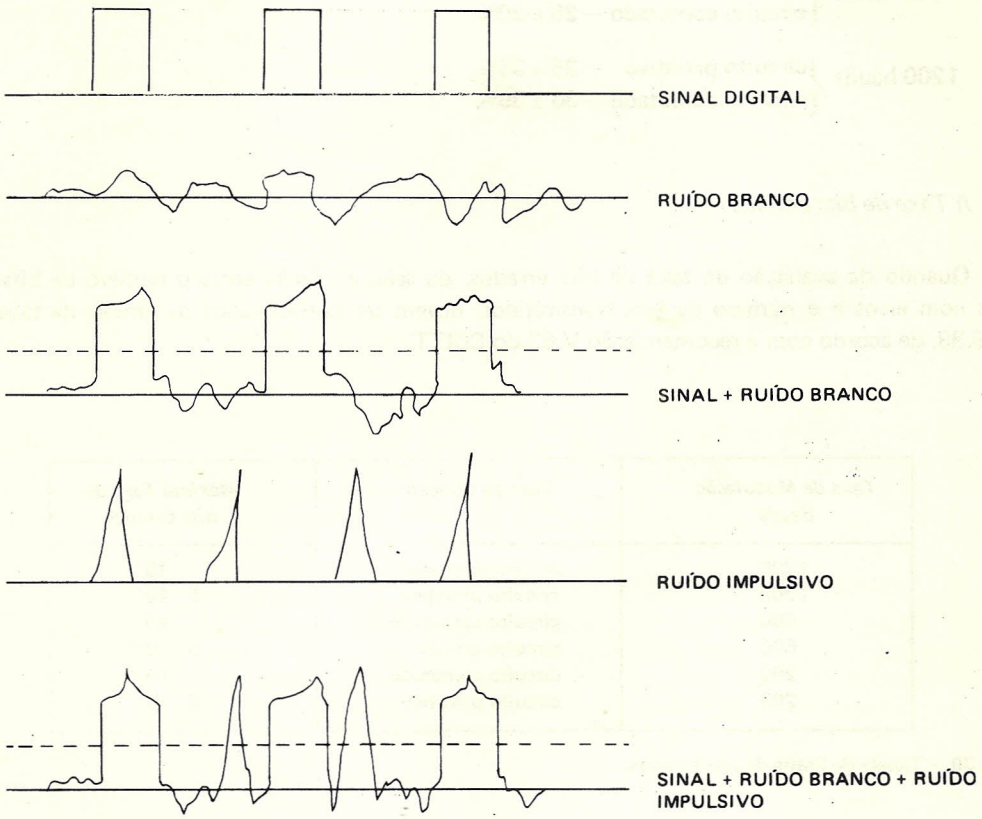


Fig. 9.38 – Efeito do ruído na transmissão do sinal de dados.

g) Erro de freqüência

O erro de freqüência introduzido pelo circuito não deve exceder a ± 5 Hz.

h) Distorção telegráfica

Um dos fatores mais importantes que afetam a transmissão de dados, tal como a qualidade da transmissão telegráfica, é a distorção no tempo dos instantes significativos (conhecida como distorção telegráfica).

Diz-se que há distorção telegráfica quando, na recepção, os instantes significativos não coincidem com os instantes ideais correspondentes.

Essa característica só é verificada para o modo de transmissão assíncrono e os limites recomendados são:

– circuito com MODEM de 200 bauds – 20 a 25%;
– circuitos com MODEM'S de 600/1200 bauds:

600 bauds { circuito privativo – 20 a 30%
circuito comutado – 25 a 30%

1200 bauds { circuito privativo – 25 a 35%
circuito comutado – 30 a 35%.

i) Taxa de bits errados

Quando da avaliação da taxa de bits errados, ou seja, a relação entre o número de bits recebidos com erros e o número de bits transmitidos, devem ser considerados os limites da tabela da Fig. 9.39, de acordo com a recomendação V.53 do CCITT.

Taxa de Modulação Bauds	*Tipo de Conexão*	*Máxima Taxa de Bits Errados*
1200	circuito comutado	10^{-3}
1200	circuito privativo	$5 \cdot 10^{-5}$
600	circuito comutado	10^{-3}
600	circuito privado	$5 \cdot 10^{-5}$
200	circuito comutado	10^{-4}
200	circuito privativo	$5 \cdot 10^{-5}$

Fig. 9.39 – Tabela de limite de bits errados.

9.2.9 – Características dos Grupos para Transmissão de Dados

Os grupos básicos empregados para transmissão de dados devem ter qualidade superior àqueles usados para transmissão de sinais de voz. As recomendações H.14, M.900 e M.910 definem as características de qualidade necessárias para esse fim, as quais serão relacionadas a seguir:

a) Piloto de grupo

Para os grupos empregados na transmissão de dados deve ser utilizado o piloto de 104,08kHz. A razão desta escolha já foi apresentada no Item 5.2.

b) Distorção de retardo de grupo

A distorção máxima de retardo de grupo, na faixa de 60–108kHz, não deve exceder a $(5 + 10n)\mu s$, em referência ao retardo de grupo mínimo medido, onde n é o número de passagens a nível de grupo. O número n de passagens a nível de grupo deve ser limitado a 6.

A Fig. 9.38 ilustra o efeito deste ruído na transmissão do sinal de dados.

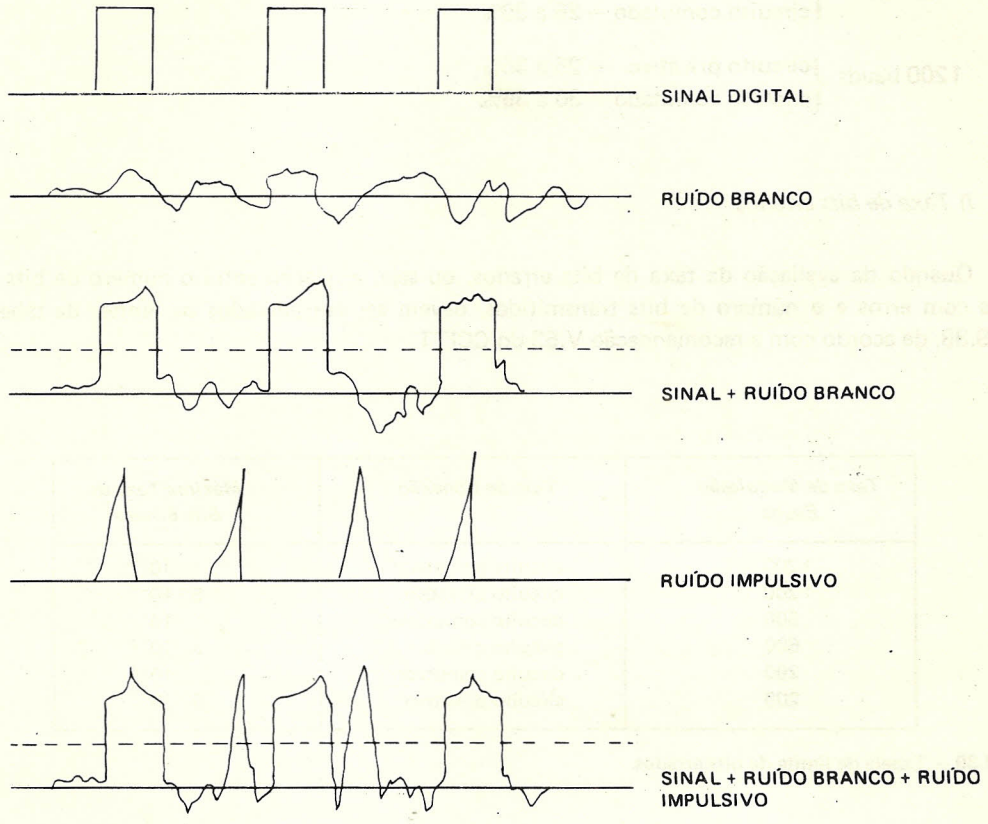


Fig. 9.38 – Efeito do ruído na transmissão do sinal de dados.

g) Erro de freqüência

O erro de freqüência introduzido pelo circuito não deve exceder a ± 5 Hz.

h) Distorção telegráfica

Um dos fatores mais importantes que afetam a transmissão de dados, tal como a qualidade da transmissão telegráfica, é a distorção no tempo dos instantes significativos (conhecida como distorção telegráfica).

Diz-se que há distorção telegráfica quando, na recepção, os instantes significativos não coincidem com os instantes ideais correspondentes.

Essa característica só é verificada para o modo de transmissão assíncrono e os limites recomendados são:

– circuito com MODEM de 200 bauds – 20 a 25%;
– circuitos com MODEM'S de 600/1200 bauds:

600 bauds { circuito privativo – 20 a 30%
circuito comutado – 25 a 30%

1200 bauds { circuito privativo – 25 a 35%
circuito comutado – 30 a 35%.

i) Taxa de bits errados

Quando da avaliação da taxa de bits errados, ou seja, a relação entre o número de bits recebidos com erros e o número de bits transmitidos, devem ser considerados os limites da tabela da Fig. 9.39, de acordo com a recomendação V.53 do CCITT.

Taxa de Modulação Bauds	*Tipo de Conexão*	*Máxima Taxa de Bits Errados*
1200	circuito comutado	10^{-3}
1200	circuito privativo	$5 \cdot 10^{-5}$
600	circuito comutado	10^{-3}
600	circuito privado	$5 \cdot 10^{-5}$
200	circuito comutado	10^{-4}
200	circuito privativo	$5 \cdot 10^{-5}$

Fig. 9.39 – Tabela de limite de bits errados.

9.2.9 – Características dos Grupos para Transmissão de Dados

Os grupos básicos empregados para transmissão de dados devem ter qualidade superior àqueles usados para transmissão de sinais de voz. As recomendações H.14, M.900 e M.910 definem as características de qualidade necessárias para esse fim, as quais serão relacionadas a seguir:

a) Piloto de grupo

Para os grupos empregados na transmissão de dados deve ser utilizado o piloto de 104,08kHz. A razão desta escolha já foi apresentada no Item 5.2.

b) Distorção de retardo de grupo

A distorção máxima de retardo de grupo, na faixa de 60–108kHz, não deve exceder a $(5 + 10n)\mu s$, em referência ao retardo de grupo mínimo medido, onde n é o número de passagens a nível de grupo. O número n de passagens a nível de grupo deve ser limitado a 6.

Este valor foi obtido considerando-se 5μs para o modulador de entrada e o demodulador de saída, acrescido de 10μs para cada passagem a nível de grupo (um modem mais um filtro de passagem de grupo).

Assim: $\tau_{g_{máx.}} \leqslant \tau_{g_{mín.}} + (5 + 10n)\ \mu$seg.

Para alcançar este objetivo, algumas precauções devem ser tomadas na escolha dos grupos básicos, levando em conta a influência dos filtros do multiplex telefônico. Assim, deve-se evitar a escolha dos grupos números 1 e 5, porque nos extremos do filtro de supergrupo a fase varia rapidamente, bem como o grupo número 3, devido ao piloto de supergrupo (vide Fig. 5.15). Deste modo, os grupos mais propícios são os de números 2 e 4.

c) Distorção de atenuação

Os limites da atenuação relativa à atenuação na freqüência de 84kHz, entre a entrada e a saída do grupo, estão apresentados na Fig. 9.40.

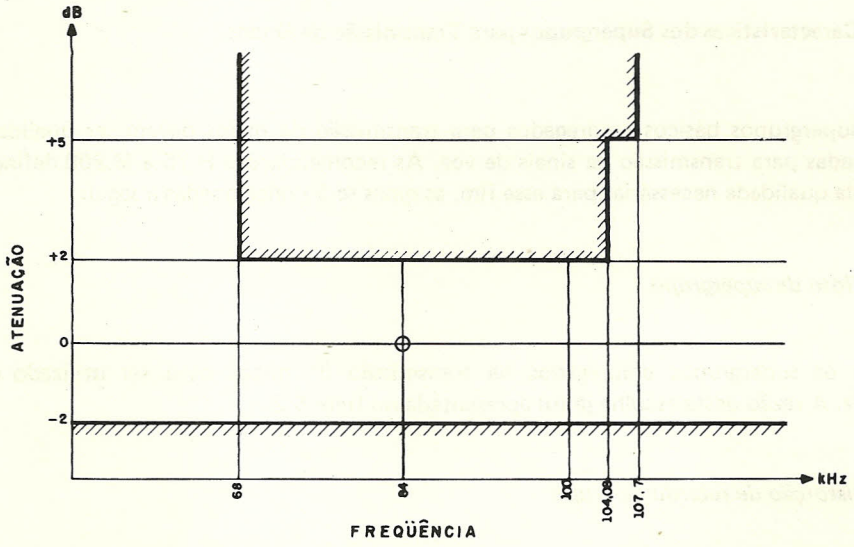


Fig. 9.40 – Limite da distorção de atenuação.

d) Fuga de portadora

A fuga de qualquer portadora na faixa de 60–108kHz não deve exceder a – 40*dBmO.*

e) Variações de nível

Os seguintes limites não devem ser excedidos, com relação ao nível nominal:
— Variação a curto prazo – ± 3*dB* (período de alguns segundos).
— Variação à longo prazo – ± 4*dB* (períodos longos incluindo as variações diárias e razonais).

f) Erro de freqüência

O erro máximo na freqüência reconstituída na saída do grupo não deve exceder a ± 5 Hz (vide Item 3.8.1).

g) Limites ainda não estabelecidos

As seguintes características ainda não têm limites estabelecidos pelo CCITT, porém devem ser verificados como referência para manutenção:

– Ruído branco;
– Ruído impulsivo;
– Variações de fase, com o tempo, do sinal demodulado.

9.2.10 – Características dos Supergrupos para Transmissão de Dados

Os supergrupos básicos empregados para transmissão de dados devem ter qualidade superior àquelas usadas para transmissão de sinais de voz. As recomendações H.15 e M.900 definem as características de qualidade necessárias para esse fim, as quais serão relacionadas a seguir:

a) Piloto de supergrupo

Para os supergrupos empregados na transmissão de dados deve ser utilizado o piloto de 547,92 kHz. A razão desta escolha já foi apresentada no Item 5.2.

b) Distorção de retardo de grupo

A distorção de retardo de grupo na faixa de 312–552 kHz não deve exceder a $(1 + 2n)$ μs, com referência ao retardo de grupo mínimo medido, onde n é o número de passagens a nível de supergrupo.

Para alcançar este objetivo algumas precauções devem ser tomadas na escolha dos supergrupos básicos, levando em conta a influência dos filtros do multiplex telefônico. Assim, deve-se evitar a escolha dos supergrupos extremos 4 e 8 devido ao filtro de grupo mestre. Deste modo, os supergrupos 5, 6 e 7 são os mais convenientes para transmissão de dados.

c) Distorção de atenuação

Na faixa de 312–552 kHz, a distorção de atenuação não deve exceder à ± 2 dB, com relação a atenuação na freqüência de 412 kHz.

As outras especificações para supergrupo são idênticas àquelas de grupo (Itens *d*, *e*, *f* e *g*).

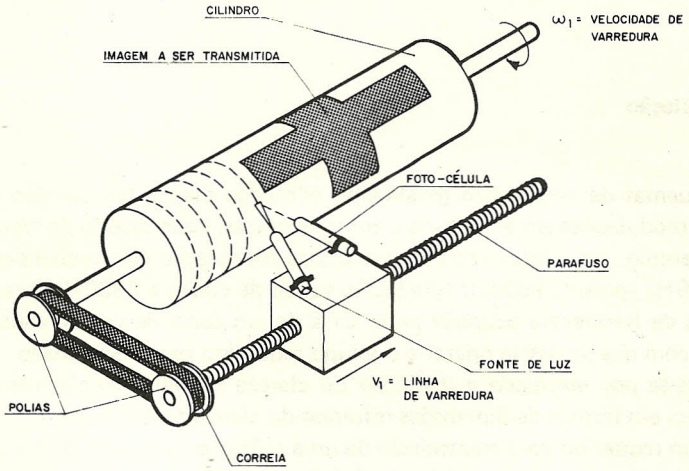
9.3 – TRANSMISSÃO DE SINAIS DE FAC-SÍMILE E FOTOTELEGRAFIA

9.3.1 – Introdução

O sistema de *fac-símile* é usado para transmissão entre dois pontos distantes de informações gráficas. Quando desejamos transmitir imagens estáticas, empregamos o sistema de *fototelegrafia*.

Para as transmissões à longas distâncias, o fac-símile utiliza o canal de voz do multiplex telefônico como meio de transmissão. Para o sistema de fototelegrafia, os meios de transmissão empregados são o canal de voz, o grupo básico ou mesmo o supergrupo básico.

O diagrama em blocos da Fig. 9.41 esquematiza um sistema de transmissão para fac-símile ou fototelegrafia.



CONVERSOR FOTO - ELÉTRICO

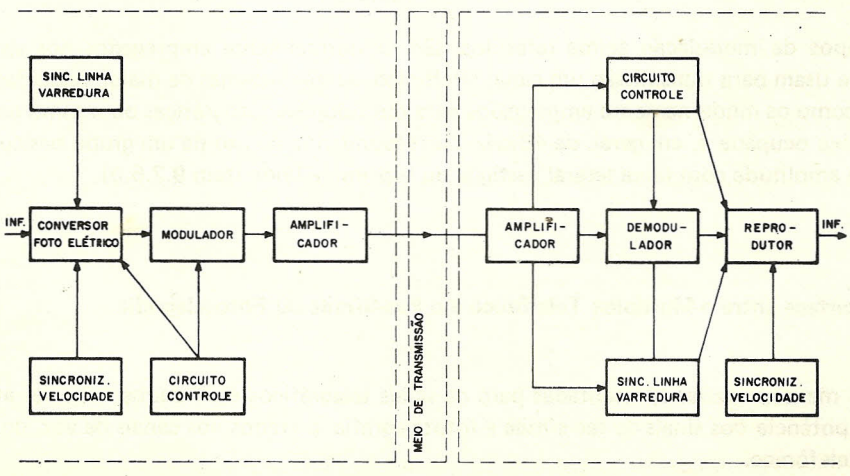


Fig. 9.41 – Transmissão de sinais fac-símile ou fototelegrafia.

A máquina de fac-símile (apenas preto e branco) ou de fototelegrafia (gradações tonais de cinza além do preto e branco) consiste de uma superfície cilíndrica ou plana sobre a qual é colocado o objeto da transmissão (documento, fotografia etc.).

Um mecanismo fotoelétrico que converte a informação de luminância em sinais elétricos, varre aquela superfície. Esse mecanismo é controlado por dois sincronizadores, um da velocidade de varredura e outro da linha de varredura. O primeiro é responsável pela manutenção da mesma velocidade no mecanismo de varredura na transmissão e na recepção (reprodução). O segundo faz com que, a cada instante, os mecanismos de varredura de transmissão e recepção estejam na mesma linha de varredura.

Os sinais elétricos produzidos pelo conversor fotoelétrico na transmissão, que correspondem às medidas de luminância de cada ponto da linha varrida, são transmitidos mediante o uso de processos de modulação, geralmente, em amplitude ou freqüência. Após demodulados na recepção por meio de um conversor termoelétrico ou fotoelétrico, esses sinais reproduzem o objeto da transmissão sobre um material adequado que está colocado sobre um superfície plana ou cilíndrica.

9.3.2 – Modulação

Os esquemas de modulação geralmente adotados para a transmissão de fac-símile e fototelegrafia, são as modulações em amplitude e em freqüências, dependendo do tipo de circuito empregado.

Por exemplo, para fototelegrafia que utiliza modulação em freqüência, empregam-se as portadoras de 1500 Hz (preto), 1900 Hz (gradações tonais de cinza) e 2300 Hz (branco).

A faixa de freqüência ocupada pode ser a de um canal de voz ou canal-programa, dependendo da resolução com que se deseja operar e o tempo requerido para transmissão.

Entende-se por *resolução* a distinção ou clareza de detalhes observada na reprodução, geralmente expressa em termos de dimensões mínimas do elemento de imagem.

O tempo requerido para transmissão de uma informação gráfica ou fotografia, através de um sistema caracterizado por uma densidade de F linhas de varredura por milímetro, uma freqüência de n linhas em r.p.m. e por um comprimento total H (em milímetros), perpendicular à linha de varredura, é dado por:

$$T = \frac{H \cdot F}{n} \text{ minutos.}$$

Os tipos de modulação acima referidos, são os normalmente empregados nos sistemas mais comuns que usam para transmissão um canal telefônico. Já nos sistemas de maior velocidade e melhor definição, como os modernamente empregados para reproduções fotográficas ou mesmo de páginas de jornal, a faixa ocupada é, em geral, de 48 kHz, correspondendo ao uso de um grupo básico com a modulação em amplitude com faixa lateral vestigial ou suprimida (vide Item 9.2.6.*b*).

9.3.3 – Interface entre o Multiplex Telefônico e o Fac-Símile ou Fototelegrafia

Pelas mesmas razões apresentadas para os sinais telegráficos e de dados, especial atenção deve ser dada à potência dos sinais de fac-símile e fototelegrafia injetados nos canais de voz, grupos etc. do multiplex telefônico.

A fim de evitar a degradação do sistema multiplex telefônico, o CCITT recomenda que se adotem os seguintes limites para cada uma das facilidades:

a) Canal de voz para fac-símile (recomendação T.10)

A potência média na entrada do canal multiplex deve ser no máximo de – 13*dBmO*, para o modo de operação simplex ou duplex, quando o fac-símile emprega modulação em freqüência. Para a modulação em amplitude o nível na entrada do canal pode ser aumentado, porém a potência média em qualquer hora, considerando-se as duas direções em conjunto, não deve exceder a – 12*dBmO* (64 μWO).

b) Canal de voz para fototelegrafia (recomendação T.10 bis)

A potência média na entrada do canal multiplex deve ser no máximo de – 10*dBmO*, para fototelegrafia que emprega modulação em freqüência, sendo de 0*dBmO* para a modulação em amplitude.

c) Grupo e supergrupo para fototelegrafia (recomendações H.52 e H.53)

As especificações são as mesmas que as adotadas para transmissão de dados, apresentadas no Item 9.2.7.

9.3.4 – Características dos Meios de Transmissão usados pelo Fac-Símile e Fototelegrafia

As características exigidas para os circuitos empregados na transmissão de fac-símile e fototelegrafia, são as mesmas que as apresentadas no Item 9.2.8.

Quanto às características para o grupo e o supergrupo utilizados na transmissão de fototelegrafia de alta velocidade e qualidade, estas também são as mesmas que aquelas indicadas nos itens 9.2.9 e 9.2.10.

9.4 – TRANSMISSÃO DE SINAIS COMPOSTOS

9.4.1 – Geral

A transmissão de sinais compostos consiste em compartilhar um mesmo canal telefônico, para transmissão simultânea de sinal telegráfico e outro tipo de sinal, que pode ser de voz, fac-símile, fototelegrafia ou dados.

Pelo uso de filtros de separação é possível dividir a faixa de voz do canal multiplex, de tal modo que seja possível a transmissão simultânea dos sinais, sem muitas interferências. Esse equipamento é conhecido como *adaptador telegráfico*, sendo geralmente chamado de *fônica* ou *adaptador fonotelegráfico* porque é mais usual a transmissão simultânea de voz e telegrafia.

Para a inserção de canais telegráficos são utilizados filtros de corte no meio ou no extremo superior da faixa de voz.

No lado da transmissão, o sinal de voz passa através de um filtro que corta as freqüências de uma determinada faixa, a qual passará a ser ocupada pelo sinal telegráfico, conforme esquematiza a Fig. 9.42.

No lado da recepção, a linha telefônica contendo os sinais de voz e os de telegrafia é conectada ao filtro de linha que separa esses dois sinais, conforme esquematiza a Fig. 9.43.

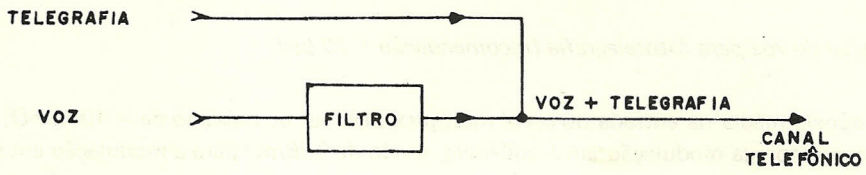


Fig. 9.42 – Transmissão de sinal composto.

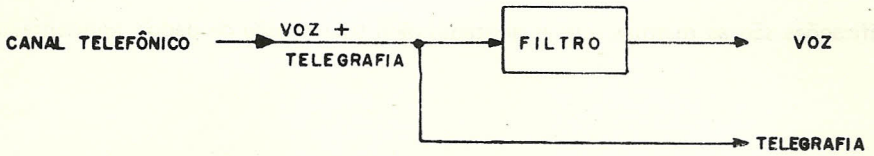


Fig. 9.43 – Recepção de sinal composto.

É importante observar que o adaptador telegráfico é constituído dos filtros separadores de transmissão e recepção, e do multiplex telegráfico relativo aos canais telegráficos empregados.

A Fig. 9.44 apresenta duas maneiras de se ligar um adaptador telegráfico para voz e 4 canais telegráficos.

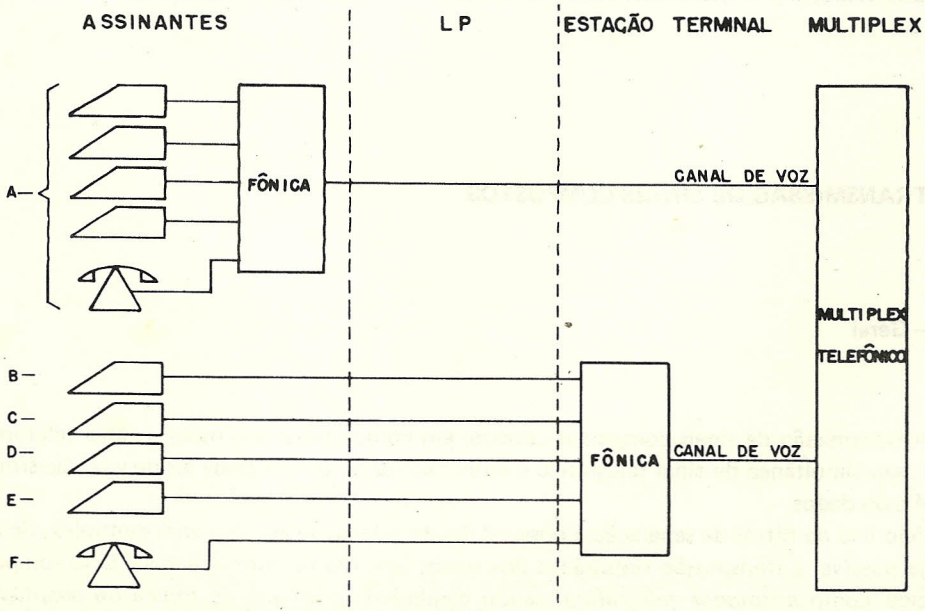


Fig. 9.44 – Modos de ligar a fônica.

No caso da fônica pertencer a um assinante *A*, o equipamento estará junto dos teleimpressores e telefone, estando interligado ao canal do multiplex telefônico por meio de duas LP.

Quando a fônica é compartilhada por diversos assinantes *B*, *C*, *D*, *E* e *F*, ela estará junto do equipamento multiplex telefônico, interligando-se ao telefone e teleimpressores por diversas LP's.

Observação: Para permitir a sinalização do telefone no sistema fonotelegráfico, é necessário o emprego de um conversor para transformar a corrente de toque (20 a 25 Hz) em um sinal senoidal dentro da faixa de 300 a 2 700 Hz, conforme vimos no Cap. 5. Este conversor fica intercalado entre o telefone e a fônica.

9.4.2 — Inserção no Extremo da Faixa

Para inserção de canais telegráficos no extremo da faixa de voz é utilizado um filtro passa-faixa. Entretanto, como o corte de freqüências altas deteriora a inteligibilidade da voz, a escolha do limite inferior dessa faixa deve ser criteriosa. Normalmente, essa inserção é feita cortando-se a faixa de 2700 a 3 400 Hz, conforme mostra a Fig. 9.45, que é a representação da característica de atenuação recomendada pelo CCITT para o filtro passa-baixa.

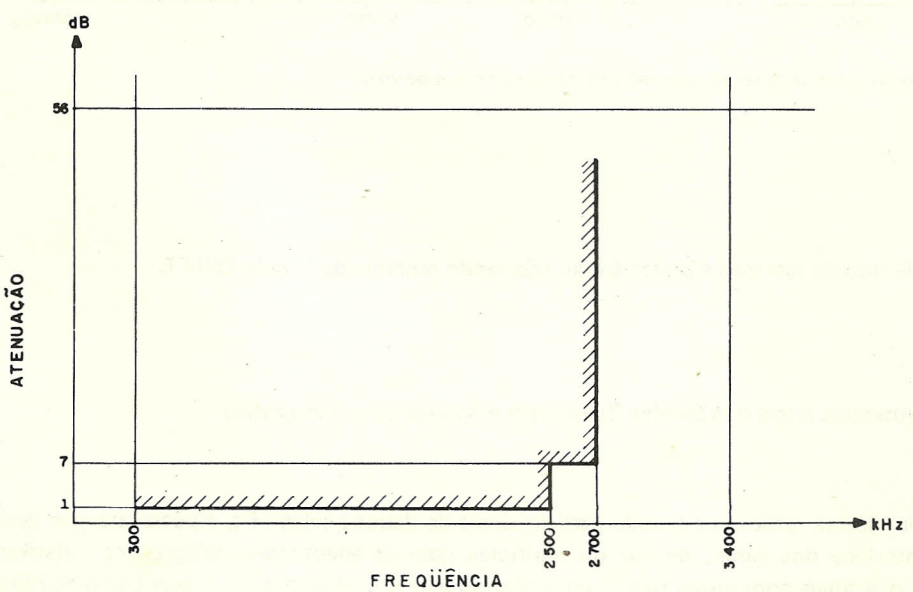


Fig. 9.45 — Características de atenuação do filtro passa-baixa da fônica.

Na recomendação H.34, o CCITT indica que os canais telegráficos a serem empregados neste sistema fonotelegráfico devem ser do tipo FSK, conforme os planos de freqüência já apresentados no Item 9.1.5, ou seja:

– Para velocidade telegráfica de 50 bauds ($E = 120$ Hz): canais 21, 22, 23 e 24.
– Para velocidade telegráfica de 100 bauds ($E = 240$ Hz): canais 11 e 12.
– Para velocidade telegráfica de 200 bauds ($E = 480$ Hz): canal 6.
– Ou qualquer outra composição daqueles planos.

9.4.3 – Inserção no Meio da Faixa

Para inserção de canais telegráficos no meio da faixa de voz é utilizado um filtro rejeita-faixa. Normalmente, essa inserção é feita rejeitando-se a faixa de voz de 1500 a 2000 Hz, conforme o diagrama da Fig. 9.46.

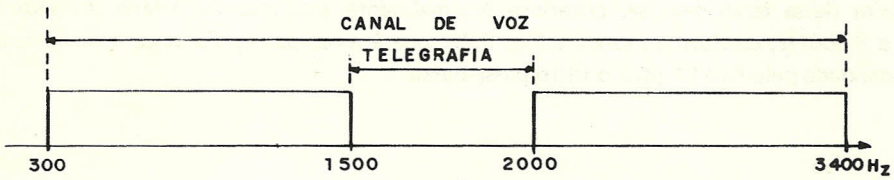


Fig. 9.46 – Inserção da faixa de telegrafia no centro do canal de voz.

Este tipo de inserção é pouco usual, não sendo recomendado pelo CCITT.

9.4.5 – Interface entre o Multiplex Telefônico e o Adaptador Telegráfico

Pela mesma razão apresentada para os sinais de dados e telegrafia, especial atenção deve ser dada ao interface dos canais de voz do multiplex com os adaptadores telegráficos, relativamente à potência dos sinais compostos (voz + telegrafia ou dados + telegrafia etc.), bem como ao número máximo de canais de voz que podem ser utilizados como meios de transmissão.

A fim de evitar a degradação do sistema multiplex telefônico, o CCITT recomenda que se adotem os seguintes limites:

a) Número máximo de canais de voz que podem ser utilizados

Na recomendação H.32, o CCITT indica que nos sistemas multiplex não se deve utilizar mais do que um canal de voz por supergrupo, como meio de transmissão das fônicas.

b) Potência dos sinais combinados injetados nos canais de voz

Na recomendação H.34, o CCITT especifica que a potência média dos sinais combinados não deve ultrapassar a 50μWO (— 13$dBmO$), devendo ser dividida proporcionalmente pela faixa de freqüência. Deste modo, para a banda de 300 a 2700Hz, a potência média do sinal deverá ser de 38μWO (— 14$dBmO$), enquanto que na banda de 2700 a 3400Hz deverá ser de 12μWO (— 19,2$dBmO$).

Para o caso de transmissão simultânea de voz e telegrafia, pode-se adotar para os sinais de voz o nível normal empregado para telefonia, ou seja 32μWO ou — 15$dBmO$ (vide Item 8.7), dividindo-se o resto da potência pelos canais telegráficos, conforme a tabela da Fig. 9.47.

Número de canais Telegráficos	*Potência média*	
	μWO	*dBmO*
4	4,5	— 23,5
3	6	— 22,2
2	9	— 20,5
1	18	— 17,5

Fig. 9.47 — Tabela de potências por canal telegráfico.

9.5 — CENTRO DE ÁUDIO

9.5.1 — Introdução

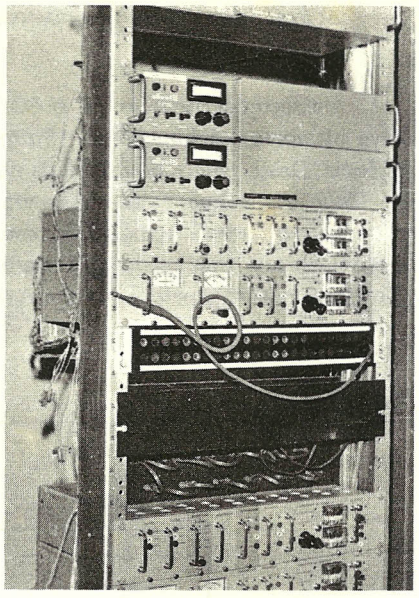
O *centro de áudio* é um equipamento que oferece à operação de uma Estação Multiplex, grande flexibilidade no atendimento a usuários que necessitam de circuitos privativos por períodos descontínuos.

Os exemplos relacionados a seguir ilustram a utilidade dos centros de áudio:

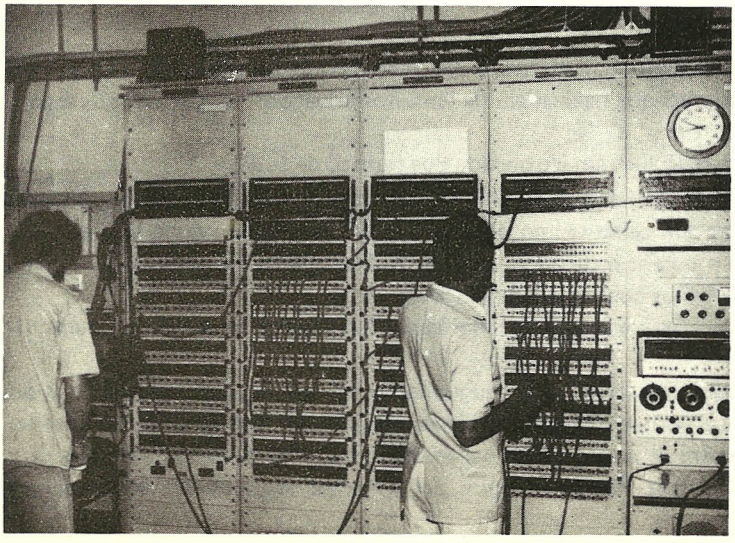
— Um determinado usuário tem necessidade de comunicação com outro ou outros usuários de centros de áudio distantes, durante um certo tempo por dia. Assim, haverá uma linha privada (LP) entre o domicílio de cada usuário e o centro de áudio local e, no instante do interesse da comunicação, os operadores dos centros envolvidos completam a conexão.

A conexão desejada poderá ser para transmissão telefônica, telegráfica, fac-símile ou transmissão de dados.

— Uma emissora de rádio para transmitir uma programação em cadeia, composta de duas ou mais emissoras localizadas em vários pontos distantes, utiliza-se da LP que interliga seus estúdios ao centro de áudio próximo. Este centro se encarrega de encaminhar essa programação aos vários centros de áudio distantes que, por sua vez, são interligados por LP's aos estúdios das emissoras que farão a retransmissão.



Bastidor contendo fônicas de diversos fabricantes. Cada gaveta equivale a uma fônica, que permite a transmissão simultânea de um circuito telefônico e quadro circuitos telegráficos (Embratel – Rio de Janeiro).



Centro de Áudio em operação (Embratel – Rio de Janeiro).

Pelos exemplos citados pode-se deduzir a utilizada dos centros de áudio visto que, sem os mesmos, as transmissões esporádicas exigiriam manobras no ADV, expediente este obviamente condenável, ou a necessidade de circuitos interurbanos privativos permanentes, que além de exigirem uma canalização muito maior do multiplex, são economicamente inviáveis para os usuários.

9.5.2 – Interconexões do Centro de Áudio

Quaisquer dois centros de áudio num sistema multiplex estão interligados entre si por um determinado número de canais telefônicos, chamados de *linhas tronco.*

As linhas privadas (LP's) são as que interconectam os equipamentos dos usuários aos respectivos centros de áudio. O número máximo de usuários de um centro de áudio é estabelecido pelo número de entradas disponíveis. A relação entre o número de entradas e canais de saída (linhas tronco) será função das necessidades de tráfego.

A Fig. 9.48 apresenta as interconexões ao centro de áudio para formação de circuito para transmissão telefônica, telegráfica, fac-símile ou dados.

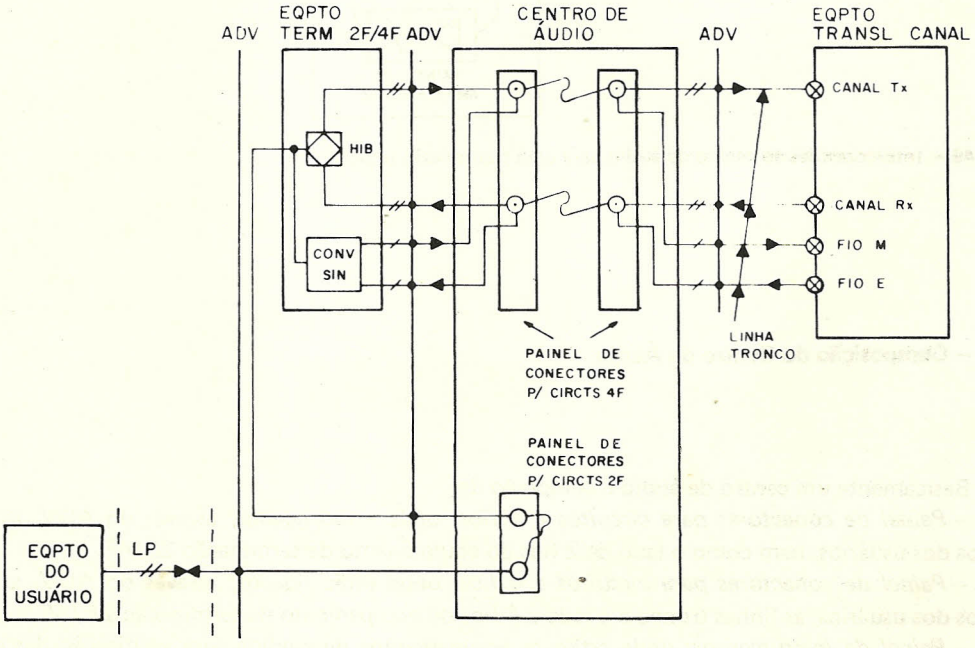


Fig. 9.48 – Composição de um circuito privado através do centro de áudio.

A Fig. 9.49 apresenta as interconexões ao centro de áudio para uma transmissão radiofônica, composta de um circuito de ordem (comunicação entre as estações radiofônicas) e de um circuito para a transmissão do programa.

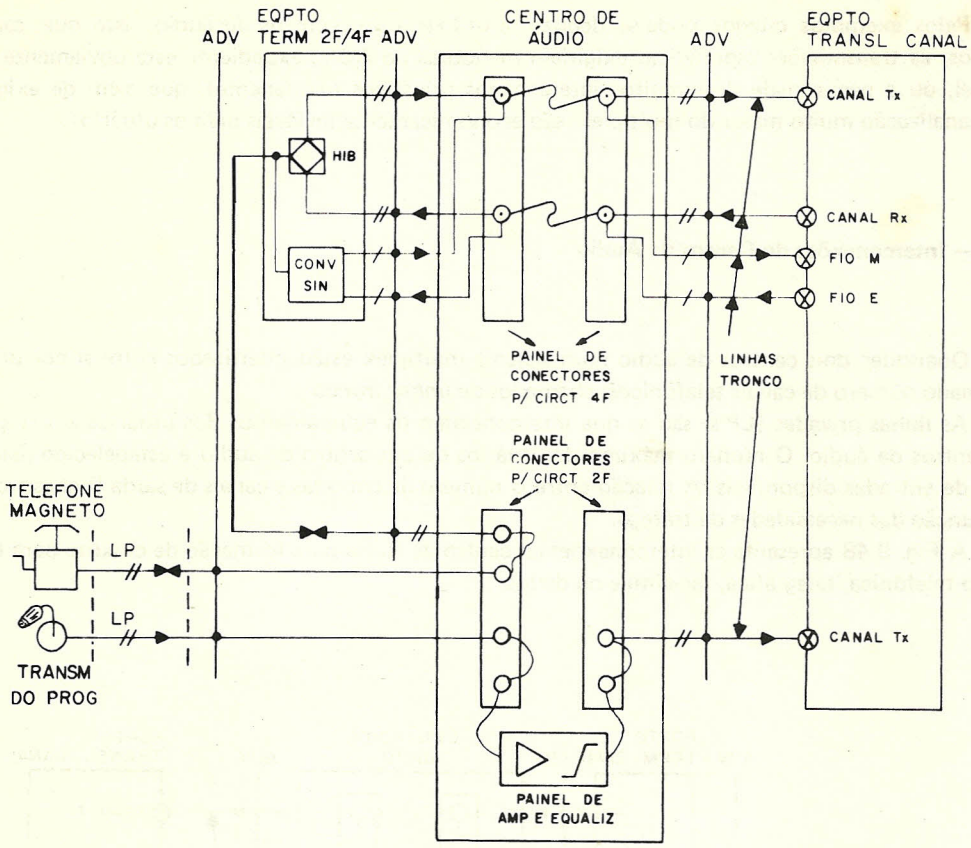


Fig. 9.49 – Interconexões ao centro de áudio para uma transmissão radiofônica.

9.5.3 – Composição do Centro de Áudio

Basicamente um centro de áudio é composto de:

– *Painel de conectores para circuitos a 2 fios:* onde estão ligados, através do ADV, as LP's a 2 fios dos usuários, bem como o lado de 2 fios do equipamento de terminação 2*F*/4*F*.

– *Painel de conectores para circuitos a 4 fios:* onde estão ligados, através do ADV, as LP's a 4 fios dos usuários, as linhas tronco e o lado a 4 fios do equipamento de terminação 2*F*/4*F*.

– *Painel de instrumentos:* onde estão os equipamentos de medida para verificação das características dos circuitos privados.

– *Painel de amplificação e equalização:* onde existem amplificadores e equalizadores variáveis para compensar características elétricas das LP's, quando necessário.

– *Painel de monitoração:* onde existe um amplificador com alta impedância de entrada, acoplado a um alto-falante para monitorar programações radiofônicas.

– *Painel telefônico:* utilizado para o circuito de ordem de coordenação entre os centros de áudio e os usuários.

9.6 – CANAL PROGRAMA

9.6.1 – Introdução

Quando se faz necessária a formação de uma cadeia de radiodifusão, quer seja de âmbito nacional, quer seja internacional, são normalmente utilizados sistemas de multiplexação telefônica.

A transmissão de um programa radiofônico que exija alta-fidelidade (música por exemplo), ocupa uma faixa de freqüências mais larga que o canal de áudio comumente empregado para transmissão de voz.

Para tais transmissões através de sistema multiplex são utilizados os *equipamentos de modulação de programa*, os quais processam a faixa de radiodifusão empregada, possibilitando a sua injeção e extração do sistema multiplex.

9.6.2 – Tipos de Canal Programa

O CCITT reconhece três tipos de canal programa, a saber:

a) Canal programa de 15kHz

Este tipo é recomendado para transmissão de programas monoaurais de alta qualidade, sendo também indicado, quando devidamente arranjado, para transmissão estereofônica.

b) Canal programa de 10kHz

Este tipo que já foi conhecido como canal programa normal tipo *A*, é recomendado somente para transmissões monoaurais.

c) Canal programa de 6,4kHz

Este tipo que já foi conhecido como canal programa normal tipo *B*, é recomendado somente em casos onde a largura de banda ocupada é mais importante que o padrão de qualidade, dispondo-se apenas de uma faixa correspondente a dois canais de voz.

9.6.3 – Equipamentos Típicos

A seguir serão apresentados, em linhas gerais, dois tipos de equipamento de canal programa largamente empregados, sendo um do tipo de 15kHz e o outro de 10kHz.

a) Equipamento de 15kHz

Este equipamento permite a transmissão de até dois programas monoaurais em um grupo básico (60-108kHz) ou então, na mesma faixa, um programa estereofônico.

A faixa do programa de radiodifusão (0,03 a 15kHz) é transladada em dois estágios de modulação, formando as faixas de 65 a 80kHz e 88 a 103kHz, que correspondem aos dois canais. A Fig. 9.50 esquematiza esse processo.

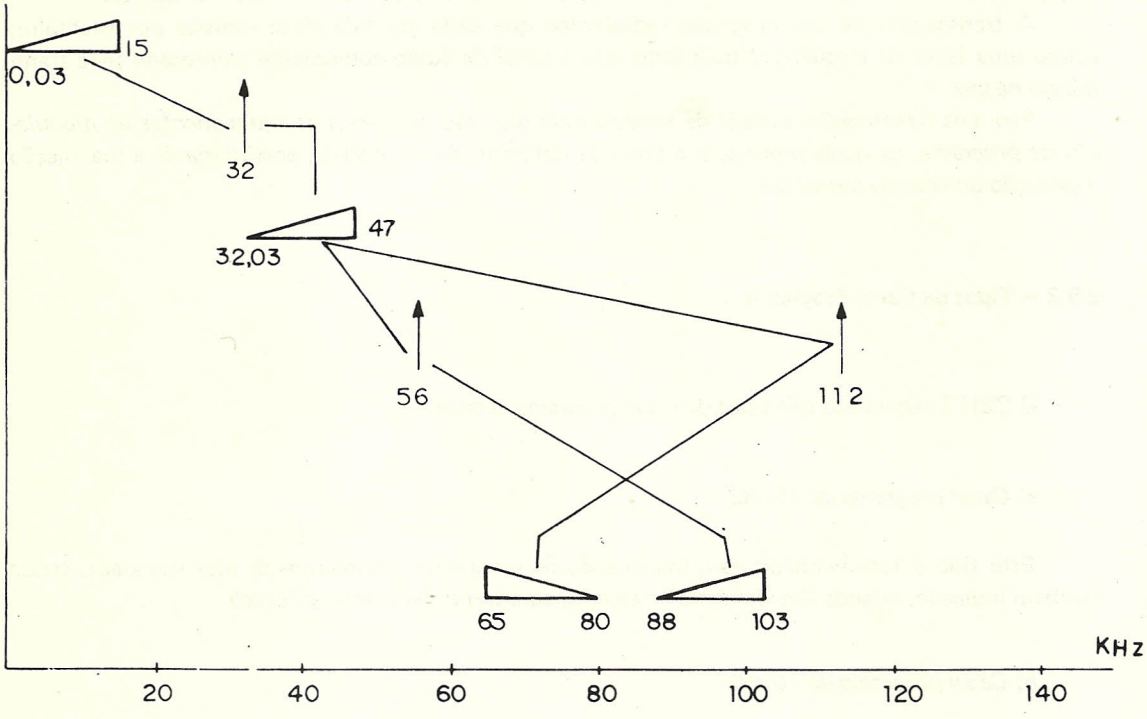


Fig. 9.50 – Formação do canal programa sistema de 15kHz.

Após a translação descrita, a banda de 65 a 103kHz pode ser acoplada a qualquer equipamento de translação de grupo.

Nas faixas abaixo e acima da banda anteriormente referida, isto é, 60 a 65kHz e 103 a 108kHz, podem ser introduzidos dois canais telefônicos, permitindo, portanto, as seguintes configurações:

2 canais programa monoaurais + 2 canais telefônicos

1 canal programa estéreo + 2 canais telefônicos

1 canal programa monoaural + 7 canais telefônicos.

A Fig. 9.51 esquematiza e exemplifica uma ligação entre duas Estações Multiplex empregando equipamento de canal programa do tipo acima abordado.

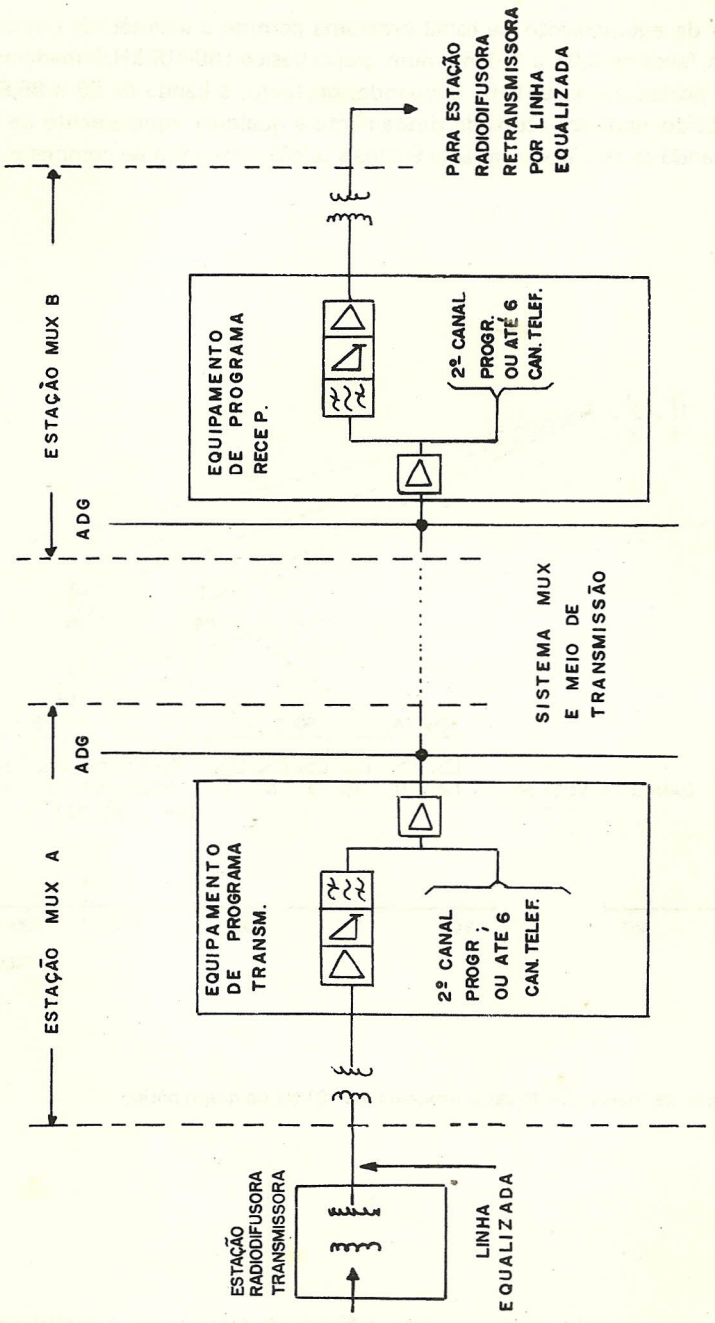


Fig. 9.51 – Ligação do canal programa de 15 kHz.

b) Equipamento de 10kHz

Este tipo de equipamento de canal programa permite a inclusão de um canal de radiodifusão monoaural com faixa de 0,05 a 10kHz, num grupo básico (60-108kHz) mediante a translação dessa faixa por uma portadora de 96kHz, ocupando, portanto, a banda de 86 a 95,95kHz. O canal programa assim obtido pode ser acoplado diretamente a qualquer equipamento de translação de grupo ou, então, juntando-se ao canal programa 9 canais telefônicos a fim de completar a faixa do grupo básico.

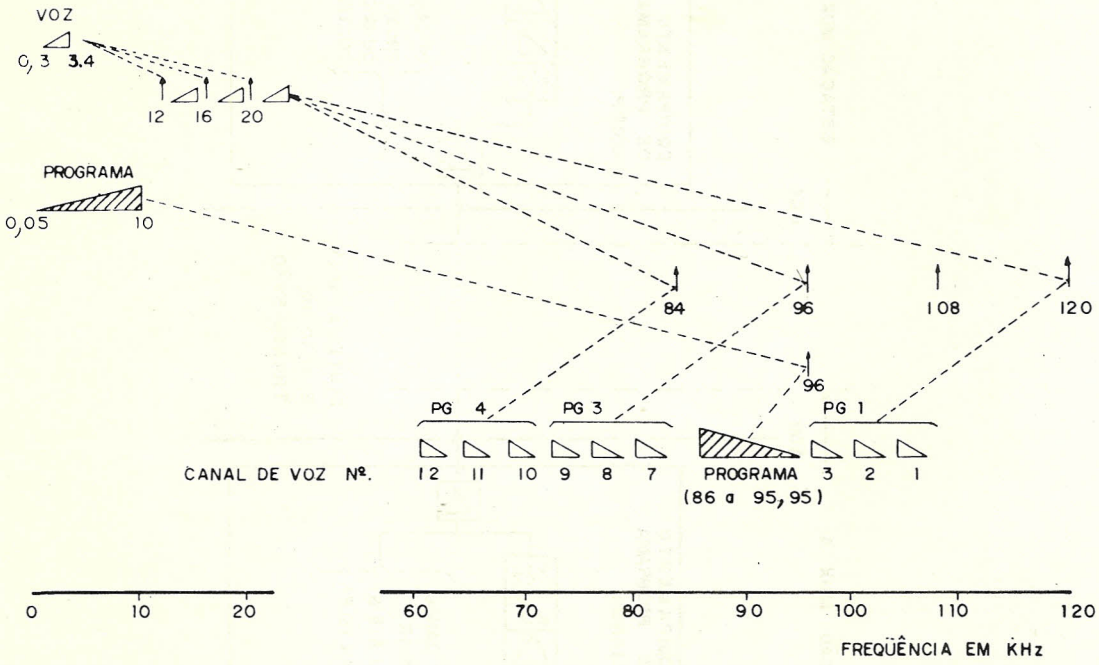


Fig. 9.52 – Locação de freqüência do canal programa de 10kHz no grupo básico.

Neste equipamento de canal programa, a banda de freqüências transladada corresponde ao 2º pré-grupo de um sistema de translação de canal, composto de 4 pré-grupos. Os 9 canais telefônicos correspondem ao 1º, 3º e 4º pré-grupos.

A Fig. 9.52 esquematiza a locação de freqüência deste equipamento e a Fig. 9.53, uma ligação típica entre duas Estações Multiplex usando este equipamento combinado com o de translação de canal.

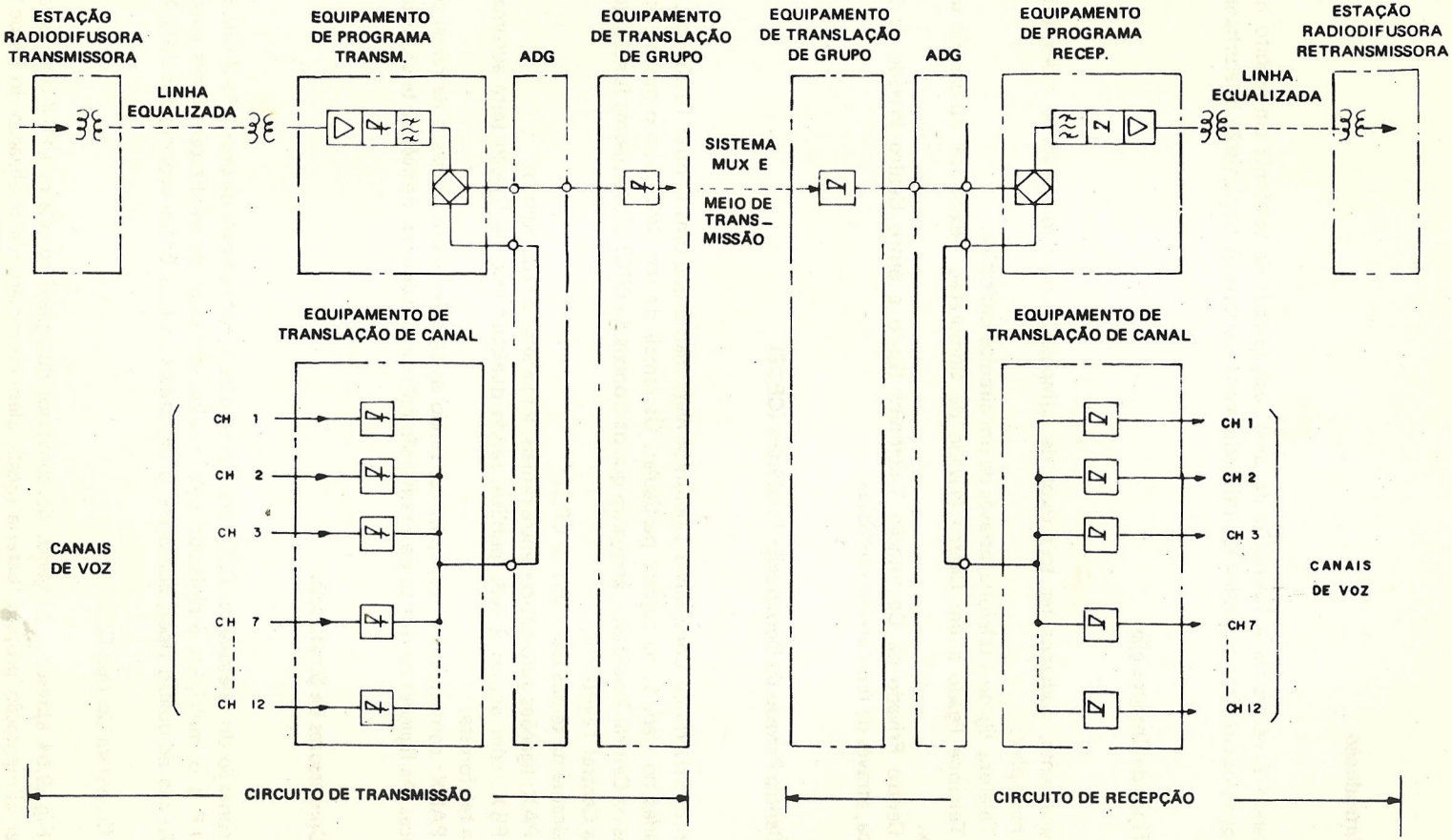


Fig. 9.53 — Ligação do canal programa de 10kHz.

9.7 – REDES PRIVADAS DE TELEFONIA

9.7.1 – Introdução

Quando é necessária a formação de uma rede privada de telefonia em âmbito nacional ou internacional, os circuitos multiplex são utilizados como suporte de transmissão interurbana.

9.7.2 – Tipos de Composição

Basicamente, podemos ter três tipos de composição para formação de redes, utilizando os circuitos multiplex:

– Telefone ligado a telefone, através de um circuito multiplex.

– Telefone ligado a um Centro Privado de Comutação Telefônica, através de um circuito multiplex.

– Centro Privado de Comutação Telefônica ligado a outro Centro Privado de Comutação Telefônica, através de um circuito multiplex.

9.7.3 – Centro Privado de Comutação Telefônica (CPCT)

Centro Privado de Comutação Telefônica nada mais é que uma Central Telefônica, idêntica às apresentadas no Cap. 1, de caráter particular. Os ramais de um CPCT têm o mesmo papel que os assinantes na Central Telefônica, enquanto que os troncos do CPCT têm a mesma função que as linhas tronco na Central Telefônica.

Basicamente temos três tipos de CPCT:

– PAX: ligações automáticas entre ramais, sem acesso à rede pública.

– PBX: com acesso à rede pública, sendo qualquer tipo de ligação feita automaticamente, através da telefonista.

– PABX: com acesso à rede pública, sendo as ligações entre ramais e de ramal para tronco automáticas. As ligações de tronco para ramal são feitas manualmente, através da telefonista.

9.7.4 – Conversores de Sinalização

A conexão do telefone ou CPCT até o multiplex, é feita através de uma LP a 2 fios. O interface entre a LP e o multiplex é realizado pela híbrida/conversor de sinalização. Estes conversores de sinalização são de quatro tipos, conforme já indicamos no Cap. 5: Conversores dos tipos A, B, C e D.

– Conversor do tipo C

A Fig. 9.54 apresenta a ligação do conversor do tipo C ao telefone/PBX que, para este caso, devem ter alimentação própria (bateria local), além de enviarem a sinalização do toque ("RING"). O telefone empregado neste tipo de ligação geralmente é um magneto.

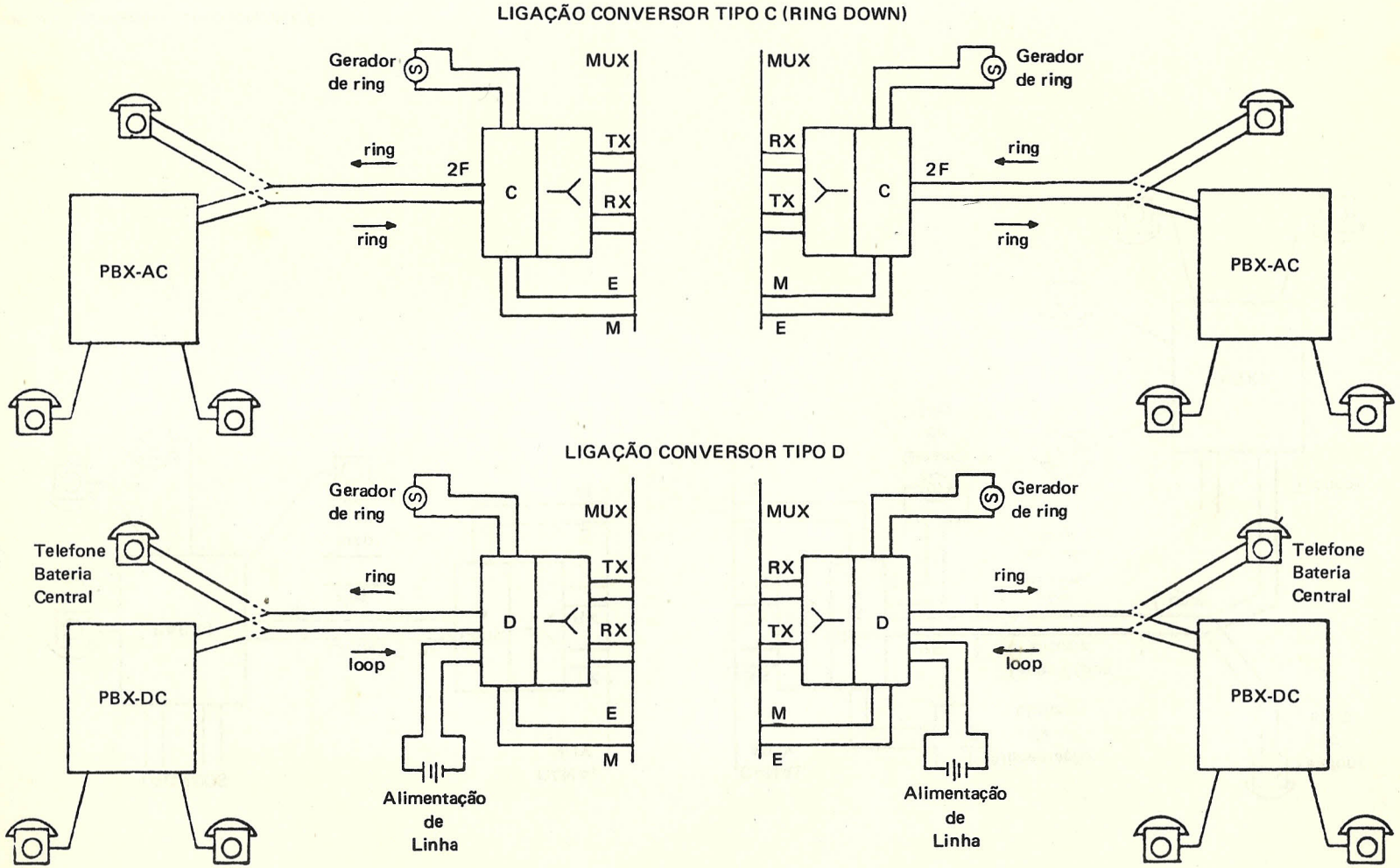


Fig. 9.54 – Ligações Conversores C e D.

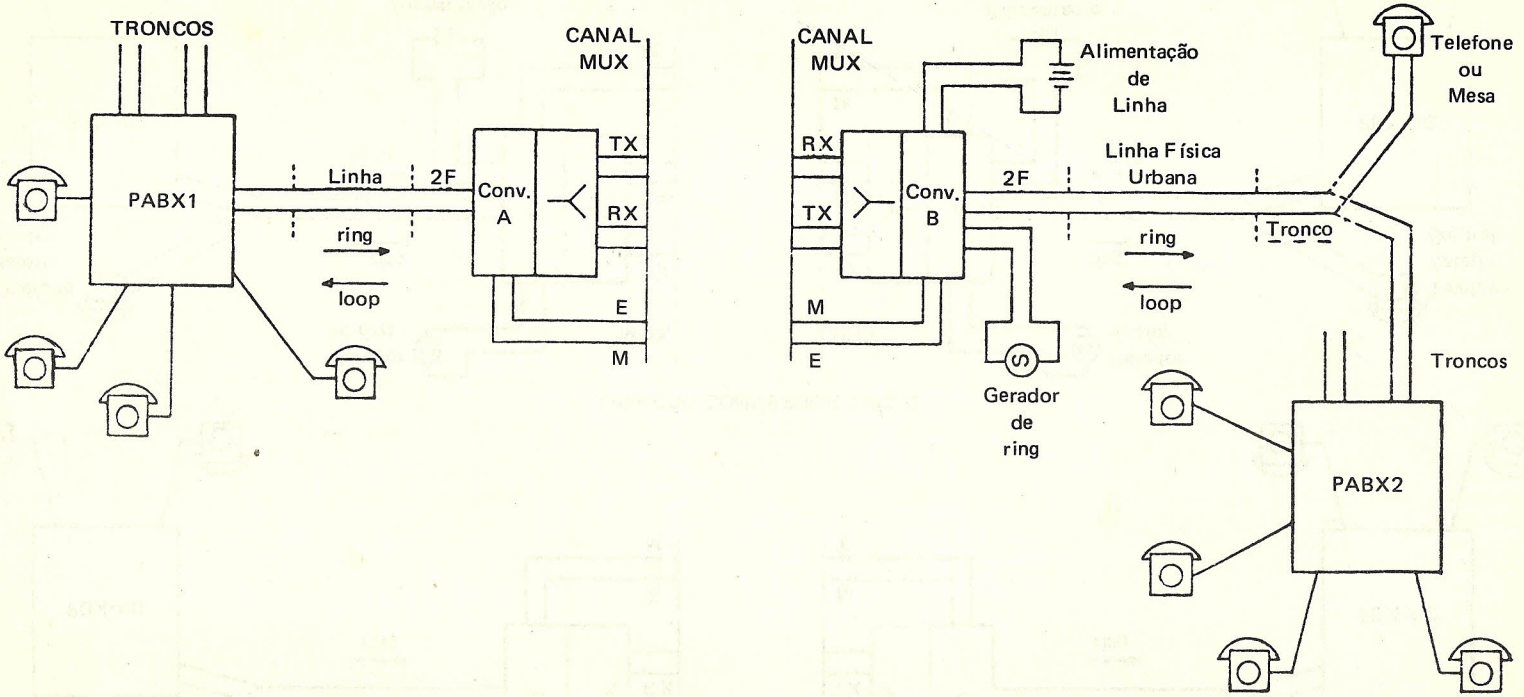


Fig. 9.55 – Ligações conversores A e B

TABELA I

CHAMADA ORIGINADA EM RAMAL DESTINADA A TRONCO

RAMAL	PABX1	LINHA	CONV. A	FIO *E* OU *M*	MUX	FIO *E* OU *M*	CONV. B	LINHA	PABX2	RAMAL
									(Tom de discar)	Início da chamada. Fone levantado
									Seleção Conexão à linha	(fecha-se o loop)
									(Loop fechado)	Discagem do código de acesso ao tronco
	Tom de discar	I ≠ 0 Corrente na linha	Reconhece a tomada e fecha o Loop	FIO E Terra 150 ms	Sin.	FIO M Terra 150 ms	Gera pulso de tomada de 150 ms	I ≠ 0 (corrente)	Tom de discar do PABX 1	Discagem sobre o PABX 1
			conectando a Híbrida à linha							
			Reconhece a discagem, regenera e repete para a linha	FIO E Terra	Sin.	FIO M Terra	Repete pulsos de discagem			
	Seleção Conexão Chamada	Interrupções do Loop								
ring Atendimento Fecha-se o Loop	simulação									
	Conversação									
	DESCONEXÃO → idêntica ao caso anterior									

TABELA II

CHAMADA ORIGINADA EM RAMAL DESTINADA A RAMAL DISTANTE

RAMAL	PABX 1	LINHA	CONV. A	FIO *E* OU *M*	MUX	FIO *E* OU *M*	CONV. B	LINHA	TELEFONE OU MESA
Início da chamada: o fone é levantado	(Tom de discar)							Linha aberta	
(fecha-se o Loop)	(seleção)								
(discagem)	Conexão Chamada (ring)	(ring)	Convertidos em contatos de terra no fio M	FIO M Terra	Sin. →	FIO E Terra	Reaplica o ring à linha	(ring)	Chama! Ao ser atendido fecha-se o Loop
(simulação)			Reconhece o pulso de tomada em menos de 150 ms e fecha o Loop ligando a híbrida na linha, estabelecendo a conversação	FIO E Terra 150 ms	Sin. ←	FIO M Terra 150 ms	Gera pulso de tomada de 150 ms	I ≠ 0 (corrente na linha)	(posteriormente a telefonista conecta ao ramal pedido)
		(Loop)							
			DESCONEXÃO				Gera pulso de 600 ms de desconexão		
	Desconecta	Abre o Loop	Reconhece o pulso em tempo inferior a 600 ms, desconecta a híbrida da linha (terminando-a com 600 Ω) e abre o Loop	FIO E Terra 600 ms	Sin. ←	FIO M Terra 600 ms		I → 0	Abre-se o Loop
Abre-se o Loop	Desconecta	Tom de ocupado	DESCONEXÃO						
			O conv. A só será liberado quando receber o pulso de 600 ms no fio E.						

Para chamar a ponta distante, o telefone ou PBX da local envia a sinalização de toque ("RING"). O "RING" é detetado pelo conversor C, que envia ao multiplex um potencial de terra através do fio M. Na localidade distante, o multiplex fornece um potencial de terra no fio E, acionando o conversor C, que envia a sinalização do toque na linha, para o telefone ou PBX distante.

– Conversor do tipo D

A Fig. 9.54 apresenta a ligação do conversor do tipo D ao PBX/telefone, que devem ser do tipo de bateria central (alimentação fornecida pelo conversor).

Para chamar a ponta distante, o telefone ou PBX do local fecha a enlace ("LOOP"), isto é, o telefone é retirado do gancho. Ao ser fechado o enlace, o conversor D envia ao multiplex um potencial de terra através do fio M, durante um período de tempo (geralmente 20s). Na localidade distante, o multiplex fornece um potencial de terra no fio E, acionando o conversor D, que envia a sinalização de toque na linha, para o telefone ou PBX distante.

A desconexão, partindo de qualquer das pontas, será provocada pela reposição do fone (abertura do enlace), não necessitando de comando de desconexão do conversor distante.

– Conversores dos tipos A e B

A Fig. 9.55 apresenta a ligação do conversor do tipo A ao PABX1 e a ligação do conversor do tipo B ao telefone ou PABX2.

É importante atentar para o fato de que, as ligações de um ramal do PABX1 para os ramais do PABX2 serão feitas automaticamente. Entretanto, as ligações de um ramal do PABX2 serão feitas automaticamente para a telefonista do PABX1, que fará a comutação manual para o ramal desejado.

O funcionamento da chamada originada em ramal e destinada a tronco está apresentado na tabela I, enquanto que a originada em ramal e destinada a ramal distante está indicada na tabela II.

Para verificar os conhecimentos adquiridos, responda ao questionário relativo aos assuntos aqui abordados, existente no final do volume.

10

Multiplexação por Divisão de Tempo (TDM)

10.1 – INTRODUÇÃO

Do mesmo modo que o FDM, o TDM é uma técnica de multiplexação que permite a transmissão de vários canais utilizando um meio de transmissão comum, conforme vimos no Item 2.4.

Para o perfeito entendimento desta técnica de multiplexação, é necessário o prévio conhecimento do que vem a ser amostragem de um sinal, bem como os tipos de modulação empregados quando a portadora é um trem de pulsos.

10.1.1 – Amostragem

Em comunicações podem ocorrer casos em que, para transmitir uma informação, o meio de transmissão não está disponível para enviar todos os valores dessa informação, assumidas ao longo do tempo. Neste caso, para que seja possível a comunicação, utiliza-se a amostragem que consiste num processo pelo qual se observa a variação de uma característica do sinal de informação (nível, freqüência, fase etc.), de tempos em tempos, gerando um outro sinal representativo do primeiro, durante cada período da observação. Geralmente a característica amostrada no sinal de informação é a sua amplitude.

Demonstra-se que a amostragem periódica, dentro de uma freqüência apropriada de exploração, preserva o mesmo conteúdo de informação do sinal original. Isto quer dizer que as observações discretas de um sinal, são tão representativas quanto a sua observação contínua, tanto que é possível recuperar o sinal original a partir de amostras discretas, como veremos adiante.

Através de uma análise intuitiva, vamos verificar como se determina a freqüência de amostragem que permite uma perfeita reconstituição de um sinal.

Na Fig. 10.1.*a* temos duas informações, representadas pelos sinais $f(t)$ e $s(t)$. O primeiro sinal $f(t)$ tem variações lentas, indicando que as componentes senoidais do seu espectro são predominantemente de baixas freqüências. O segundo sinal $s(t)$ tem variações abruptas, indicando componentes senoidais de freqüência mais elevada.

Em 10.1.*b*, 10.1.*c* e 10.1.*d* são aplicadas freqüências crescentes de amostragem a ambos os sinais $f(t)$ e $s(t)$. Como podemos verificar, na amostragem 10.1.*b* não é possível se recuperar o sinal original $f(t)$ ou $s(t)$. Em 10.1.*c*, onde a freqüência de amostragem é mais elevada, já é possível se ter uma idéia da informação $f(t)$, o que não ocorre ainda para o sinal $s(t)$. Finalmente, em 10.1.*d* onde temos a maior freqüência de amostragem, é possível a recuperação total de $f(t)$ e uma boa idéia do

sinal $s(t)$. Logo, é intuitivo que a freqüência de amostragem, que permite um perfeito reconhecimento da informação, é diretamente proporcional à componente senoidal de maior freqüência do sinal amostrado.

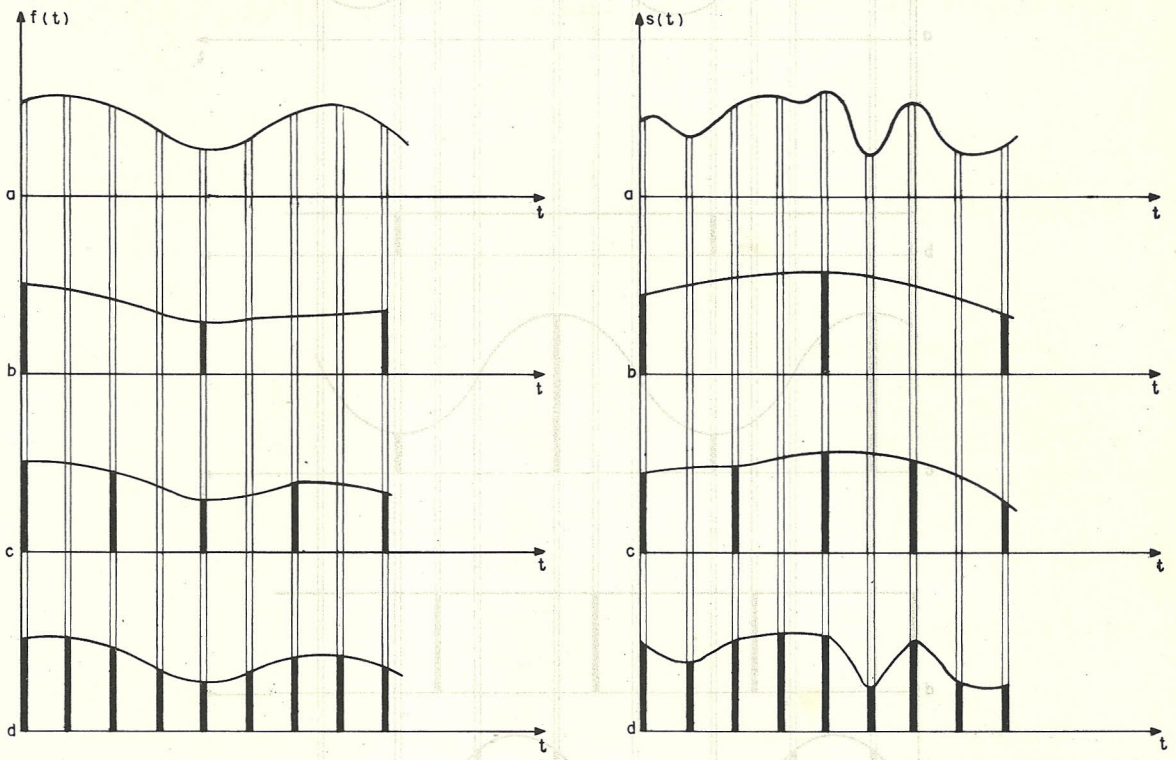


Fig. 10.1 – Amostragem de dois sinais $f(t)$ e $s(t)$.

Se agora considerarmos a componente senoidal de mais alta freqüência do espectro de um sinal de informação, ao determinarmos a freqüência de amostragem que permita o reconhecimento desta senóide, esta também será a freqüência de amostragem para o sinal de informação.

Na Fig. 10.2.*a* temos um sinal senoidal onde aplicamos valores crescentes de amostragem. Em 10.1.*b* temos uma amostra por ciclo (T), que é insuficiente para o reconhecimento da senóide. Em 10.1.*c* e 10.1.*d* temos duas amostras por ciclo, indicando que este caso é o limite pois, dependendo do instante de amostragem, podemos ou não ter uma idéia da senóide. Finalmente, em 10.1.*e* temos quatro amostras por ciclo, que nos fornece uma boa representação do sinal senoidal.

Desta análise concluímos que:

$$\omega_0 \geqslant 2\omega_n$$

onde:

ω_0 = freqüência de repetição dos pulsos de amostragem

ω_n = maior freqüência presente no espectro do sinal original.

Em particular, quando $\omega_0 = 2\omega_n$, ω_0 é chamada de freqüência de Nyquist.

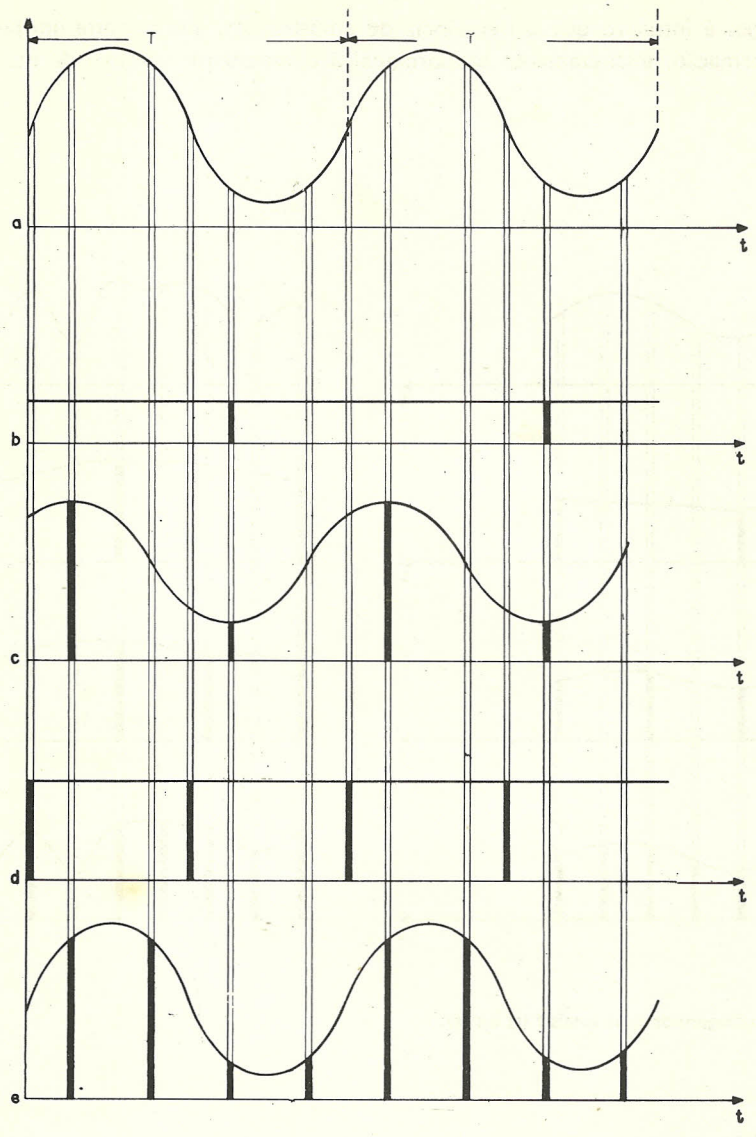


Fig. 10.2 – Amostragem de um sinal senoidal.

Por exemplo, para um canal de voz cuja faixa vai até 3400 Hz, a freqüência de amostragem mínima para que seja possível a perfeita reconstituição do sinal original é de:

$$\omega_0 = 2 \times 3400 = 6800 \text{ Hz (freqüência de Nyquist)}.$$

A operação de amostragem pode ser executada por uma série de circuitos, inclusive os moduladores utilizados pelo FDM e que foram apresentados em 7.5. Porém, o circuito mais simples é o da Fig. 10.3, formado pelos contatos de um relé, que é comandado por um gerador de pulsos chamado *relógio do amostrador*, o qual impõem a freqüência de amostragem ω_0.

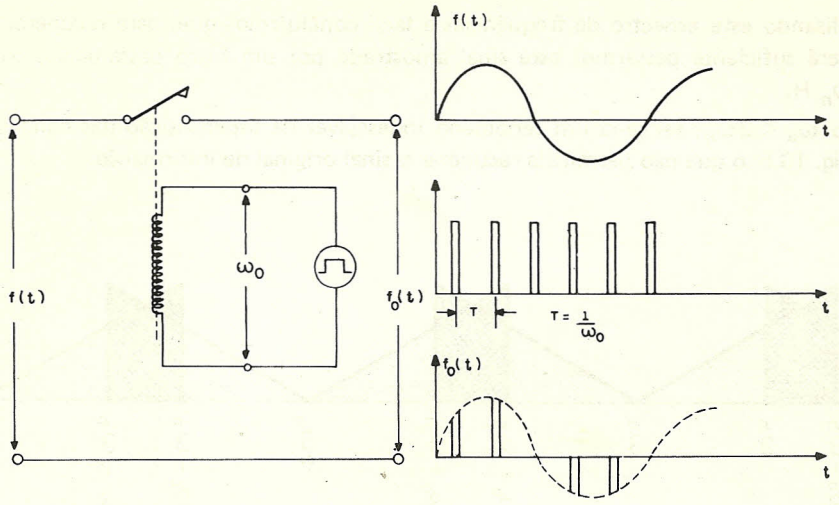
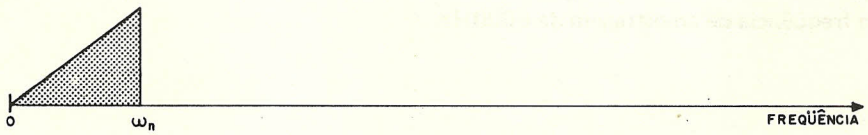
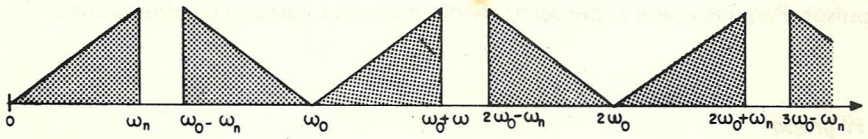


Fig. 10.3 – Amostrador elementar.

A forma do sinal amostrado na saída do circuito da Fig. 10.3, é semelhante à do modulador balanceado simples, já apresentado na Fig. 7.58. Entretanto, o espectro de freqüência do sinal amostrado será um pouco diferente daquele espectro do sinal modulado (Fig. 7.59), porque neste último caso, a portadora que é um sinal senoidal, se comporta como pulsos de onda quadrada (duração do pulso τ = metade do período T), enquanto que no amostrador os pulsos tem pequena duração ($\tau < T/2$), conforme veremos no decorrer do capítulo. Por causa desta diferença, as componentes de modulação devidas às harmônicas de ordem par da freqüência ω_0 de amostragem, não serão suprimidas no sinal amostrado. Deste modo, se o espectro de freqüências do sinal de informação é o da Fig. 10.4.*a*, quando $\omega_0 > 2\omega_n$ o sinal amostrado terá o espectro da Fig. 10.4.*b*.



a) ESPECTRO DE FREQÜÊNCIAS DO SINAL DE INFORMAÇÃO

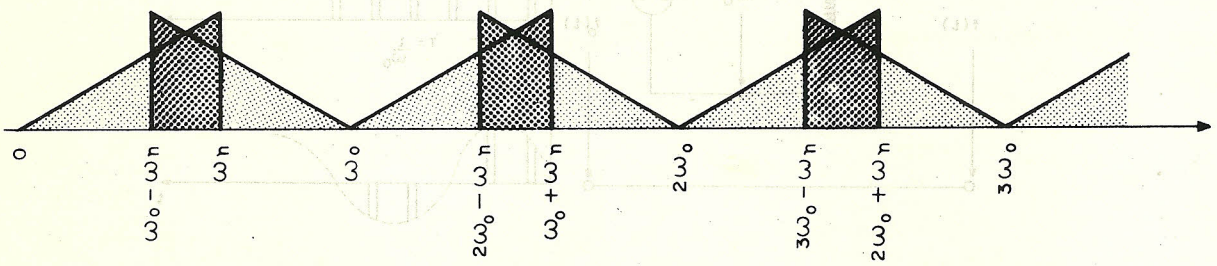


b) ESPECTRO DE FREQÜÊNCIAS DO SINAL AMOSTRADO PARA $\omega_0 > 2\omega_n$

Fig. 10.4 – Espectro de freqüências.

Analisando este espectro de freqüências é fácil concluírmos que, para recuperar a informação original, será suficiente passarmos este sinal amostrado por um filtro passa-baixa, com banda passante de ω_n Hz.

Caso $\omega_0 < 2\omega_n$, ter-se-ia um fenômeno indesejável de superposição das bandas laterais, conforme a Fig. 10.5, o que não permitiria recuperar o sinal original de informação.



ESPECTRO DE FREQÜÊNCIAS DO SINAL AMOSTRADO PARA $\omega_0 < 2\omega_n$

Fig. 10.5 – Fenômeno indesejável.

Como os filtros utilizados para limitar a banda passante do sinal de informação não são ideais, este fenômeno indesejável poderia ocorrer mesmo quando $\omega_0 = 2\omega_n$. Por isso, na prática costuma-se utilizar $\omega_0 > 2\omega_n$. Por exemplo, um canal telefônico cuja banda passante vai até 3400 Hz, tem uma freqüência mínima de amostragem de 6800 Hz conforme já calculamos, porém na prática emprega-se uma freqüência de amostragem de 8000 Hz.

10.1.2 – Processos de Modulação de Pulsos

Faremos agora a apresentação dos sistemas de modulação mais usuais, quando a portadora é um trem de pulsos. Para facilitar a explicação, dividiremos estes sistemas em dois grupos.

a) 1º grupo

Neste primeiro grupo, o sinal da informação ($f(t)$ da Fig. 10.6) varia uma das características do trem de pulsos (portadora), que pode ser a amplitude, largura, posição ou freqüência. Deste modo, teremos os seguintes processos de modulação de pulsos, que estão representados na Fig. 10.6.

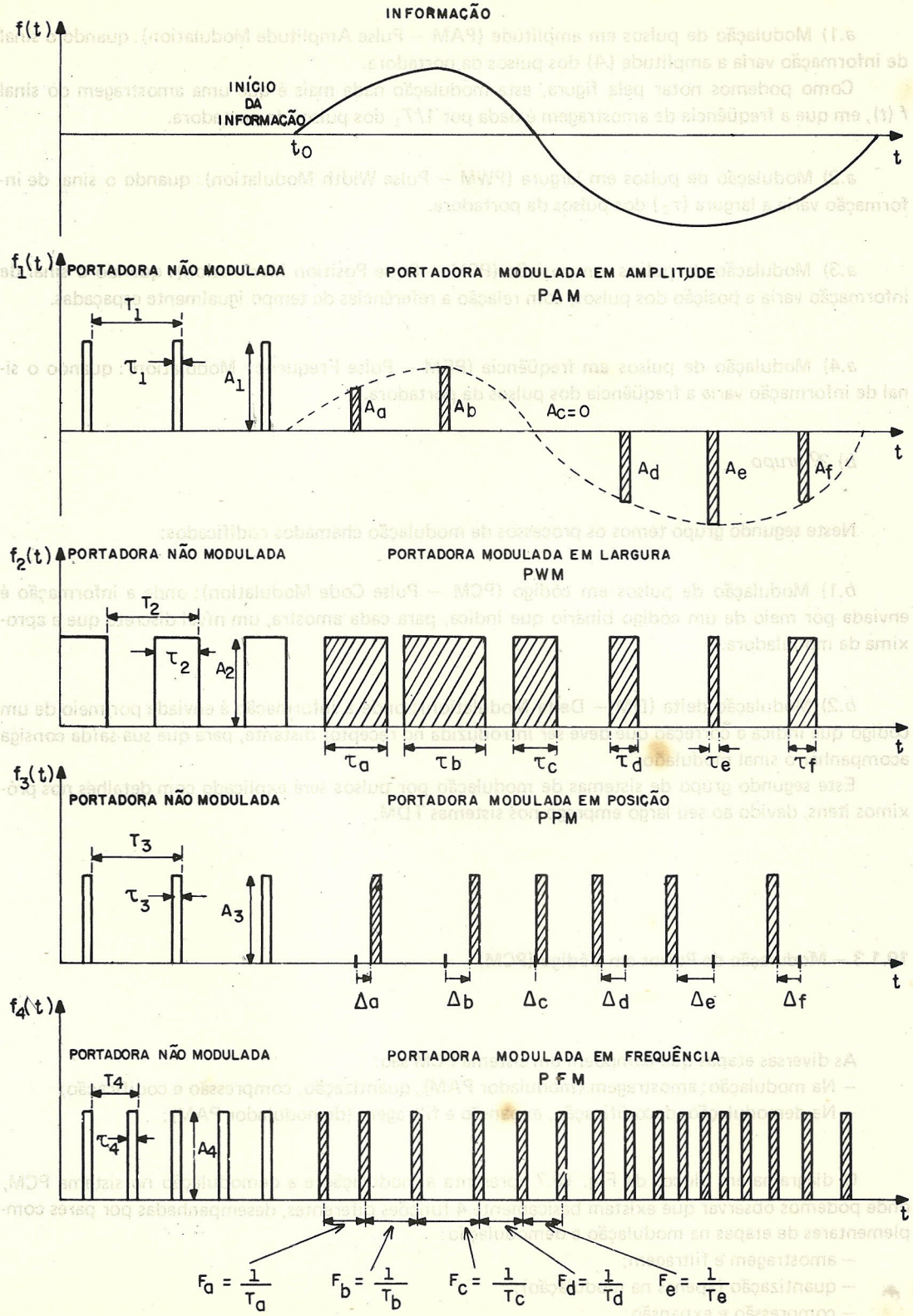


Fig. 10.6 – Processos de modulação de pulsos.

a.1) Modulação de pulsos em amplitude (PAM – Pulse Amplitude Modulation): quando o sinal de informação varia a amplitude (A) dos pulsos da portadora.

Como podemos notar pela figura, esta modulação nada mais é que uma amostragem do sinal $f(t)$, em que a freqüência de amostragem é dada por $1/T_1$ dos pulsos da portadora.

a.2) Modulação de pulsos em largura (PWM – Pulse Width Modulation): quando o sinal de informação varia a largura (τ_2) dos pulsos da portadora.

a.3) Modulação de pulsos em posição (PPM – Pulse Position Modulation): quando o sinal de informação varia a posição dos pulsos, com relação a referências de tempo igualmente espaçadas.

a.4) Modulação de pulsos em freqüência (PFM – Pulse Frequency Modulation): quando o sinal de informação varia a freqüência dos pulsos da portadora.

b) *2º grupo*

Neste segundo grupo temos os processos de modulação chamados codificados:

b.1) Modulação de pulsos em código (PCM – Pulse Code Modulation): onde a informação é enviada por meio de um código binário que indica, para cada amostra, um nível discreto que a aproxima da moduladora.

b.2) Modulação delta (DM – Delta Modulation): onde a informação é enviada por meio de um código que indica a correção que deve ser introduzida no receptor distante, para que sua saída consiga acompanhar o sinal modulador.

Este segundo grupo de sistemas de modulação por pulsos será explicado com detalhes nos próximos itens, devido ao seu largo emprego nos sistemas TDM.

10.1.3 – Modulação de Pulsos em Código (PCM)

As diversas etapas que compõem um sistema PCM são:
– Na modulação: amostragem (modulador PAM), quantização, compressão e codificação;
– Na demodulação: decodificação, expansão e filtragem (demodulador PAM);

O diagrama em blocos da Fig. 10.7 apresenta a modulação e a demodulação no sistema PCM, onde podemos observar que existem basicamente 4 funções diferentes, desempenhadas por pares complementares de etapas na modulação e demodulação:
– amostragem e filtragem;
– quantização (apenas na modulação);
– compressão e expansão;
– codificação e decodificação.

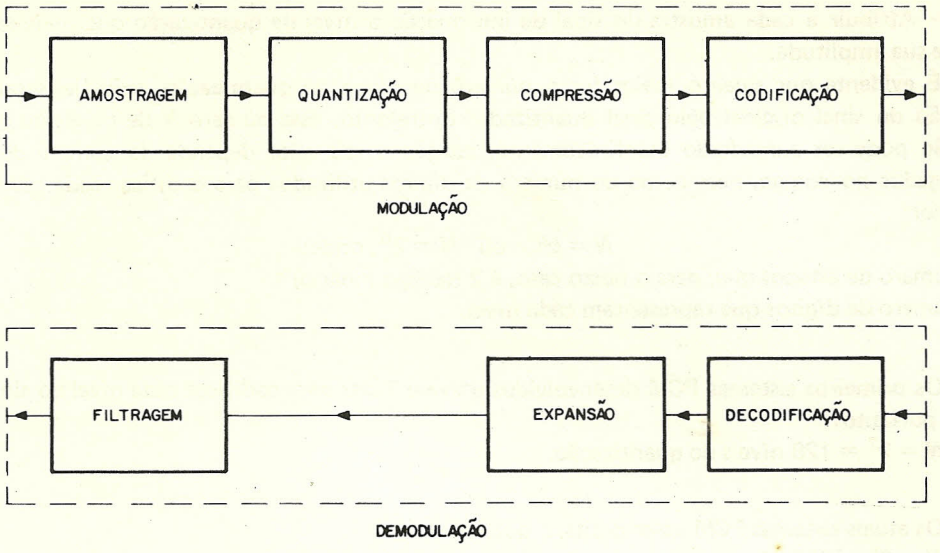


Fig. 10.7 – Modulação e demodulação no sistema PCM.

Como o sistema PCM é largamente empregado para transmissão de sinais de voz, as descrições que se seguem serão sempre feitas para este tipo de informação.

a) Amostragem e filtragem

Na etapa de amostragem são retiradas, a intervalos regulares, amostras de amplitude do sinal de voz (modulação de pulsos em amplitude – PAM), conforme já descrevemos anteriormente. Estas amostras, continuamente variáveis em amplitude sobre a dinâmica do sinal de voz, são sucessivamente encaminhados à operação de quantização.

Antes de ser amostrado, o sinal de voz passa por um filtro passa-baixa, cuja finalidade é limitar a faixa de freqüências em 3400 Hz. Deste modo, a freqüência de amostragem é $\omega_0 = 8000\,\text{Hz} \geqslant 2 \times 3400\,\text{Hz}$, como já vimos em 10.1.1, o que nos dará um intervalo entre amostras de $\frac{1}{8000\,\text{Hz}} = 125 \times 10^{-6}\,\text{s} = 125\,\mu\text{s}$.

Na etapa de filtragem, o sinal de voz é reconstituído passando-se os pulsos PAM por um filtro passa-baixa de 3400 Hz, conforme já descrevemos anteriormente.

b) Quantização

Como vimos em 10.1.2, no PCM a informação é enviada por meio de um código binário que indica, para cada amostra, um nível discreto que a aproxima da moduladora. Para que isso seja possível, isto é, para que se possa representar numericamente tal sinal, é necessário representar toda a dinâmica deste, cuja variação de níveis é contínua, por uma quantidade finita de níveis discretos (variação descontínua).

Esta transformação é chamada de *quantização* e consiste em:

– Dividir a dinâmica do sinal amostrado em N níveis, chamados *níveis de quantização*.

– Atribuir à cada amostra do sinal de informação o nível de quantização que mais se aproximar de sua amplitude.

É evidente que quanto maior for o número de níveis de quantização, mais fiel será a representação do sinal original pelo sinal quantizado. Entretanto, esse número N de níveis de quantização não pode ser aumentado indefinidamente, porque o seu valor depende do número de estados empregados no código, bem como do número de dígitos utilizados para codificar cada nível, sendo dado por:

$$N = b^n, \quad \text{ou} \quad N = 2^n, \text{ onde:}$$

b = número de estados que, para o nosso caso, é 2 (código binário)
n = número de dígitos que representam cada nível.

Os primeiros sistemas PCM desenvolvidos usavam 7 bits para codificar cada nível do sinal amostrado, portanto:

$N = 2^7 = 128$ níveis de quantização.

Os atuais sistemas PCM usam 8 bits, o que nos dá:

$N = 2^8 = 256$ níveis de quantização.

A diferença entre dois níveis sucessivos de quantização costuma ser chamada de "quantum", que é uma palavra de origem latina cujo plural é "quanta".

A quantização será dita linear se, ao longo de toda a dinâmica do sinal a ser quantizado, os "quanta" forem todos iguais entre si. Entretanto, poder-se-á obter uma quantização não linear se os "quanta" forem de valores diferentes.

Quando é feita uma quantização, há um êrro que consiste na diferença entre a amplitude real da amostra (pulso PAM) a ser codificada, e aquela do nível de quantização em que foi enquadrada a amostra. Essa diferença, conhecida como êrro de quantização, pode ter um valor positivo (amplitude de amostra maior que o nível de quantização) ou negativo (amplitude da amostra menor que o nível de quantização), entretanto, seu valor absoluto é sempre menor que meio "quantum", conforme mostra a Fig. 10.8.

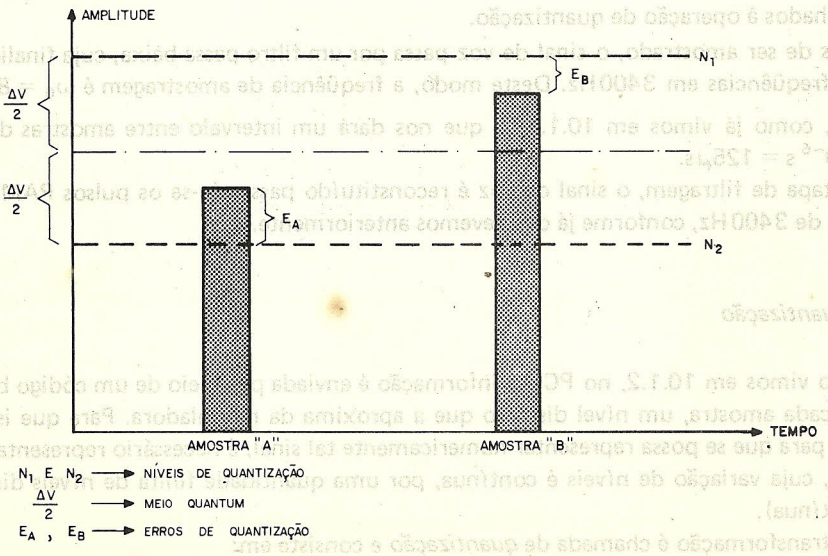


Fig. 10.8 – Erros de quantização.

Nesta figura temos duas amostras (A e B) de um sinal (pulsos PAM), cujas amplitudes estão situadas entre dois níveis de quantização N_1 e N_2. À amostra A deverá ser atribuído o nível N_1 e à amostra B o nível N_2, sendo para ambos os casos o êrro de quantização menor que meio "quantum". É evidente que o maior êrro ocorrerá quando a amplitude da amostra estiver no meio de dois níveis de quantização sucessivas, sendo neste caso igual a meio "quantum" ($\Delta V/2$).

O êrro de quantização provoca na demodulação um ruído chamado *ruído de quantização*, que é semelhante a um ruído branco. Como esse êrro não pode ser corrigido na demodulação, devem ser tomadas medidas para minimizar seus efeitos. Uma dessas medidas é o aumento do número de níveis de quantização.

Vejamos como é calculada a relação entre o sinal de informação (S) e o ruído de quantização (R).

Como foi visto anteriormente, o maior êrro numa quantização equivale a meio "quantum", isto é $\Delta V/2$ (valor de pico). Demonstra-se que o valor médio eficaz será dado por $\Delta V/2\sqrt{3}$.

Para cada quantum a relação S/R será então:

$$S/R = \frac{\Delta V}{\frac{\Delta V}{2\sqrt{3}}} = 2\sqrt{3}$$

Em toda a dinâmica do sinal, a relação S/R será dada por:

$$S/R = N \times 2\sqrt{3}$$

Como já vimos anteriormente, $N = 2^n$ num sistema binário, logo:

$$S/R = 2^n \times 2\sqrt{3}$$

A relação S/R em dB será:

$$S/R_{dB} = 20 \log_{10} (2^n \times 2\sqrt{3}) = 20 (n \log_{10} 2 + \log_{10} 2\sqrt{3})$$

$$S/R = (10{,}8 + 6n)\ dB$$

Por exemplo, os antigos sistemas que empregavam 7 bits tinham uma relação $S/R = 52{,}8dB$, enquanto os atuais, de 8 bits, têm uma relação $S/R = 58{,}8dB$.

Outra medida para minorar os efeitos do êrro de quantização é a compressão no lado de modulação, e correspondente expansão na demodulação, como será visto a seguir.

c) Compressão e expansão

Como foi visto anteriormente, o ruído de quantização não depende do nível do sinal, e, em conseqüência, a relação sinal/ruído de quantização é tão menor quanto menor for o nível do sinal.

Quando se trata de transmitir sinais telefônicos, desejamos que a relação sinal/ruído seja constante ao longo de toda a dinâmica do sinal.

Para a obtenção dessa característica é usado o artifício da *compressão*, que consiste na execução da quantização de forma não linear, uma vez que com a quantização linear, o erro de quantização sendo igual em todos os níveis, produz nos sinais de níveis baixos um erro relativo muito maior. Isto prejudicaria sensivelmente a transmissão de sinais vocais, onde justamente os baixos níveis são predominantes.

Na quantização não linear tem-se intervalos de quantização pequenos para os baixos níveis e maiores para os altos, o que equivale a comprimir os pulsos PAM, conforme a Fig. 10.9.

A inserção da compressão na modulação, muda a relação interna entre os difererites níveis na dinâmica do sinal de voz. Visando restaurar o sinal original, a *expansão* é necessária na demodulação. A lei de compressão deve ser, portanto, inversa da lei de expansão. A lei que rege tanto a compressão quanto a expansão, é sempre conhecida como lei de compressão.

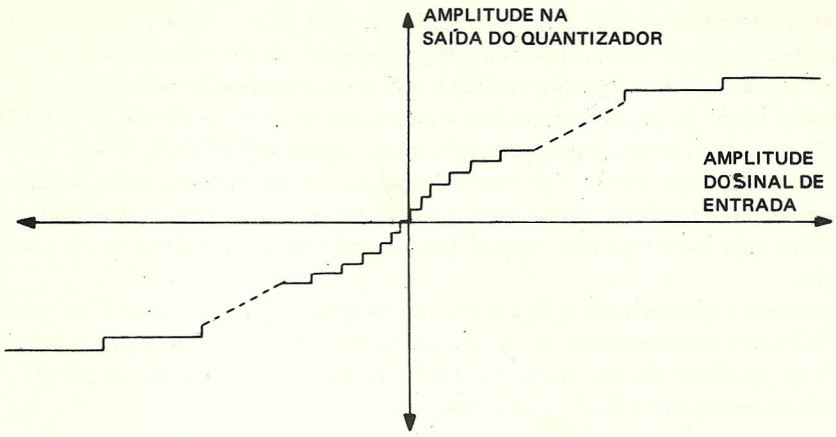


Fig. 10.9 – Compressão dos pulsos PAM.

A lei de compressão define uma curva que relaciona o nível do sinal comprimido na saída com o do mesmo sinal na entrada da compressão, como mostra a Fig. 10.10. Esta relação pode ser expressa em *dB*.

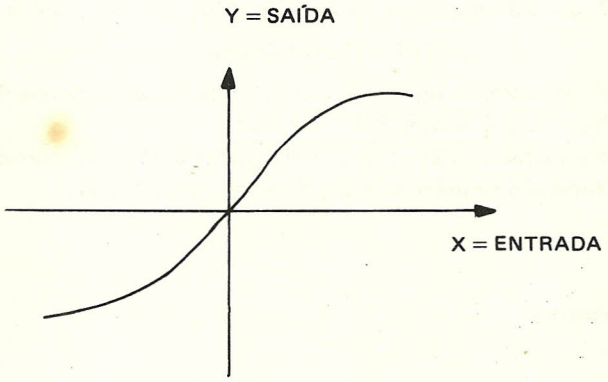


Fig. 10.10 – Lei da compressão.

Nos sistemas PCM normalizados atualmente, existem as seguintes leis de compressão:

a) Para o sistema europeu:

$$y = \frac{A}{1 + \log A} \cdot x \text{ para } 0 \leqslant x < \frac{1}{A}$$

$$y = \frac{1 + \log A \cdot x}{1 + \log A} \text{ para } \frac{1}{A} \leqslant x < 1.$$

Sendo $A = 87{,}6$.

b) Para o sistema americano:

$$y = \frac{\log (1 + \mu x)}{\log (1 + \mu)}.$$

Sendo $\mu = 255$.

Nas relações anteriores temos:

1) $x = \dfrac{V}{V_{máx}}$

onde:

V = valor instantâneo da amplitude do sinal na entrada;
$V_{máx}$ = máximo valor de amplitude quantizável;

2) $y = \dfrac{i}{B}$

onde:

i = número de ordem do nível da quantização a partir do meio da curva;
B = número de níveis de quantização em cada metade da curva.

3) A e μ são valores empíricos, determinados para um bom desempenho da relação *S/R*.

Entretanto, para a execução prática dos equipamentos PCM, as curvas definidas pela lei da compressão são ajustadas a segmentos de reta e, portanto, a definição analógica tem pouco significado real. O relacionamento entre os segmentos de reta mencionados é feita digitalmente, respeitando as seguintes características básicas:

1) Cada segmento tem o mesmo número de níveis.

2) Os intervalos entre os níveis dentro de um mesmo segmento são iguais.

3) Os intervalos de todos os segmentos são múltiplos inteiros dos intervalos do segmento imediatamente anterior.

A Fig. 10.11 corresponde à característica de compressão da lei $A = 87{,}6$, anteriormente referida. Para facilitar a representação somente foi indicada uma parte da característica.

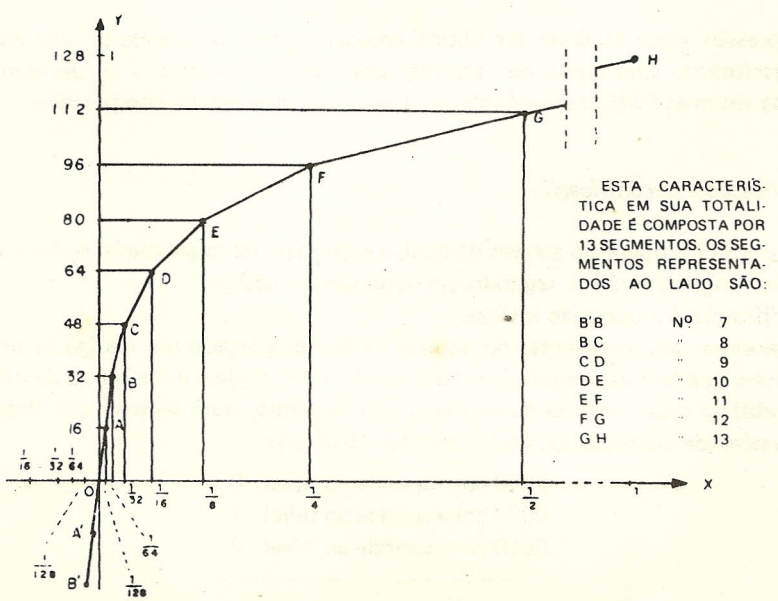


Fig. 10.11 – Lei $A = 87{,}6$.

A Tab. da Fig. 10.12 apresenta os valores de x e y para os segmentos da lei $A = 87{,}6$.

Segmento	*Equação do Segmento*		*Valor do nível de quantif. em relação a* $V_{máx.}$
OA	$0 < x < \frac{1}{128}$	$y = 16x$	1/2 048
AB	$\frac{1}{128} < x < \frac{1}{64}$	$y = 16x$	1/2 048
BC	$\frac{1}{64} < x < \frac{1}{32}$	$y = 8x + \frac{1}{8}$	1/1 024
CD	$\frac{1}{32} < x < \frac{1}{16}$	$y = 4x + \frac{1}{4}$	1/512
DE	$\frac{1}{16} < x < \frac{1}{8}$	$y = 2x + \frac{3}{8}$	1/256
EF	$\frac{1}{8} < x < \frac{1}{4}$	$y = x + \frac{1}{2}$	1/128
FG	$\frac{1}{4} < x < \frac{1}{2}$	$y = \frac{x}{2} + \frac{5}{8}$	1/64
GH	$\frac{1}{2} < x < 1$	$y = \frac{x}{4} + \frac{3}{4}$	1/32

Fig. 10.12 – Tabela de x e y para a lei $A = 87{,}6$

A compressão pode também ser obtida analogicamente utilizando-se, por exemplo, um amplificador logarítmico, cuja curva de resposta seja coincidente com a lei de compressão. Os primeiros tipos de sistemas PCM desenvolvidos utilizavam tal processo de compressão.

d) Codificação e decodificação

A codificação é a operação através da qual, a cada nível de quantização se faz corresponder uma combinação de n dígitos binários, segundo um determinado código.

A decodificação é a operação inversa.

Como já vimos anteriormente, no sistema PCM é empregado um código binário, sendo que o número de níveis que se pode quantizar é dado por $N = 2^n$, onde n é o número de bits (0 e 1) empregados para codificar cada nível de quantização. Por exemplo, num sistema que emprega 4 bits para codificar cada nível de quantização, poderemos ter 16 níveis:

0000 corresponde ao nível 0
0001 corresponde ao nível 1
0010 corresponde ao nível 2

1111 corresponde ao nível 15

A necessidade da codificação dos pulsos PAM é devida ao fato de que, caso fossem transmitidos diretamente dessa forma, as diversas amplitudes dos sinais seriam facilmente distorcidas pela linha. Os circuitos para identificação dos diversos níveis sem codificação seriam extremamente complexos, já que teríamos pelo menos cerca de 100 níveis para transmitir sinais de voz, enquanto que codificados, vimos que bastam 2 níveis apenas, o que simplifica em muito o projeto dos circuitos de reconhecimento de sinal na recepção.

A Fig. 10.13 exemplifica o princípio da codificação linear para 8 bits, onde temos $2^8 = 256$ níves de quantização.

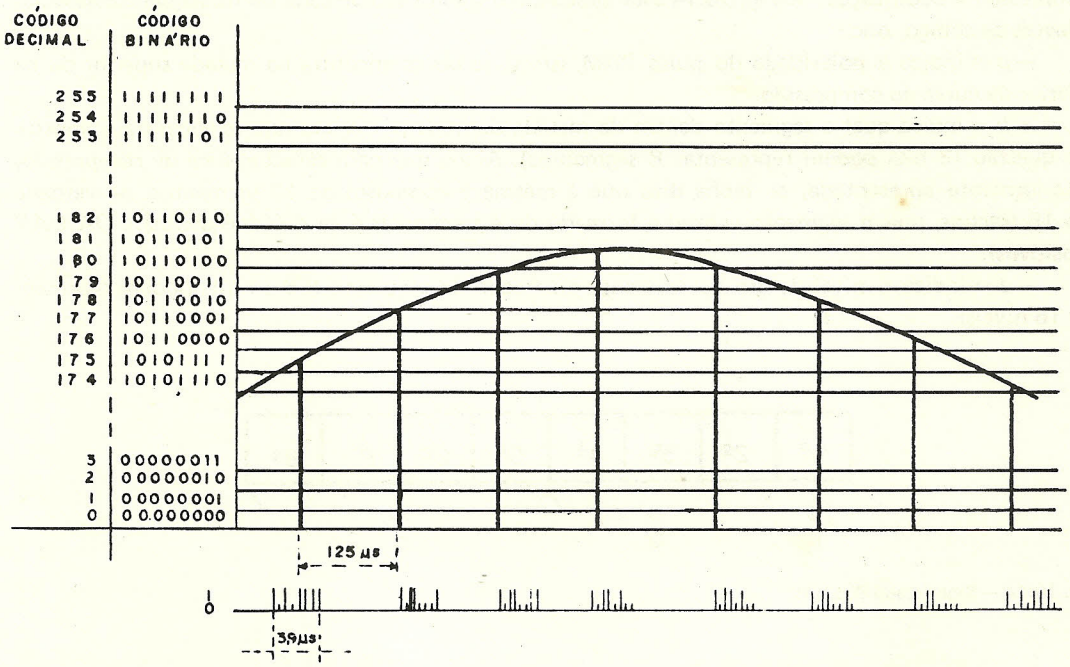


Fig. 10.13 – Codificação linear para 8 bits.

Nos atuais sistemas PCM, em sua maioria, o codificador converte as amplitudes dos pulsos PAM num código binário simétrico de 8 bits, que já se encontra na forma comprimida.

Os pulsos PAM são inicialmente processados num retificador que tem duas saídas. As informações dessas saídas são encaminhadas a um circuito testador de polaridade e a um circuito comparador. Após um intervalo de tempo correspondente ao primeiro bit, tem-se na saída do codificador o bit de polaridade, que é o primeiro da seqüência de 8.

Como foi visto anteriormente, os 256 níveis quantizáveis são distribuídos ao longo da curva de compressão que é dividida em duas metades. Esse bit de polaridade indica, portanto, se a amostra a codificar encontra-se na metade superior ou inferior. Assim, será 1 se o valor for positivo, e 0 (zero) se negativo.

Os restantes 7 bits são processados de forma semelhante à de um codificador interativo linear. Assim, o sinal a ser codificado é comparado com uma tensão de referência e um circuito comparador decide se a amostra é maior ou menor que a referência. Se a tensão de referência é maior, na saída do

comparador tem-se um 0 (zero), se ao contrário, ter-se-ia 1 (um). Quando a tensão de referência é a maior, esta é diminuída da tensão da amostra, seguindo-se outra comparação. Se agora a referência é menor, será então aumentada, seguindo-se nova comparação.

Esse processo interativo é repetido até que os 7 bits restantes tenham sido definidos.

As mudanças das tensões de referência que obedecem uma seqüência pré-determinada, visam aproximar esse valor ao da amostra a ser codificada, já que aquelas tensões de referência são determinadas pelas respostas do comparador e, portanto, a tensão final de referência é definida pela seqüência de sete respostas do comparador.

É interessante observar que o processo de aproximação, na codificação, é a própria quantização e que, nos atuais sistemas PCM, o chamado codificador combina as operações de quantização, compressão e codificação. A Fig. 10.14 está indicando o significado de cada bit na seqüência de 8 das palavras de código, onde:

– $p \rightarrow$ indica a polaridade do pulso PAM, isto é, se ele se encontra na metade superior ou na inferior da curva de compressão.

– $b \rightarrow$ indica qual o segmento dentro da metade definida por p, em que se encontra a amostra em questão (3 bits podem representar 8 segmentos). Ainda que para característica de compressão, anteriormente apresentada, se tenha dito que a mesma é composta de 13 segmentos, na verdade são 16 trechos, pois o segmento central é formado de 4 trechos, $B'A'$ e $A'O$ (negativos) e OA e AB (positivos).

– $a \rightarrow$ indica o nível dentro do segmento ou trecho do segmento $B'B$ (4 bits podem representar 16 níveis).

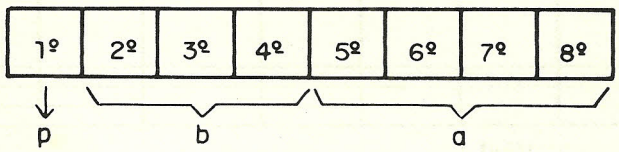


Fig. 10.14 – Significado dos bits.

Agora que já determinamos qual o aspecto do sinal modulado no sistema PCM (Fig. 10.13), é importante tecermos alguns comentários a respeito:

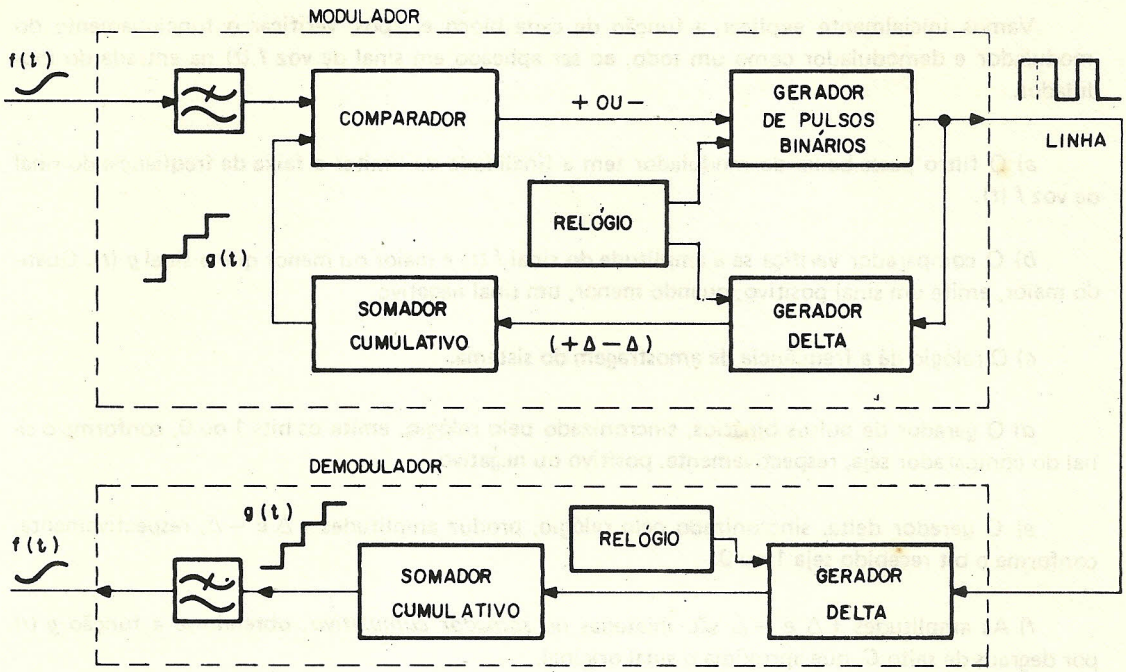
– O sinal PCM para um canal de voz tem uma taxa de sinalização binária (VS) dada pelo número de amostras por segundo (freqüência de amostragem), multiplicada pelo número de bits utilizados para codificar cada amostra. Logo, $V_S = 8000 \times 8 = 64$kbits/s.

– Além dos bits que representam o sinal de informação, é necessário que do lado do modulador PCM sejam enviados bits de sincronismo, para que na demodulação seja possível a decodificação do sinal PCM. Este aspecto será estudado com mais detalhes, quando forem apresentados os equipamentos de transmissão que empregam o PCM.

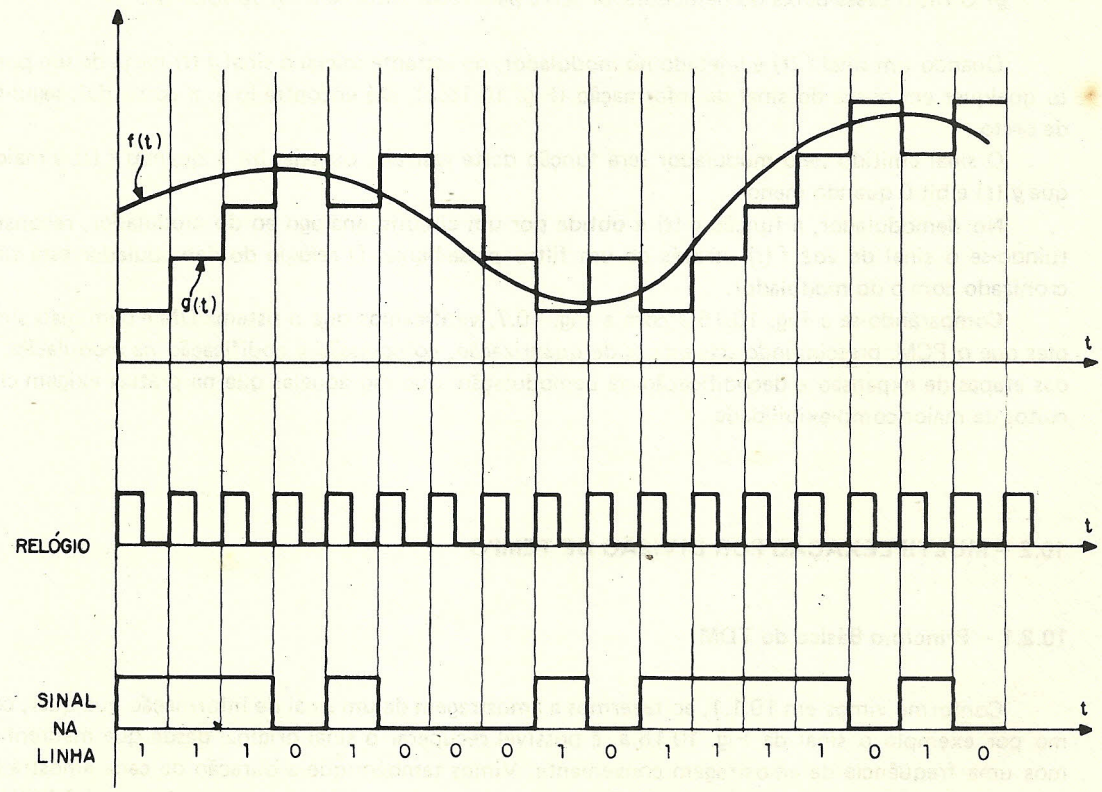
10.1.4 -- Modulação Delta (DM)

Com a finalidade de diminuir a complexibilidade dos equipamentos do sistema clássico PCM, foram e estão sendo desenvolvidas técnicas digitais diferenciais, entre outras a do sistema de modulação delta.

A Fig. 10.15.*a* apresenta o diagrama em blocos simplificado de um modulador delta.



(a) DIAGRAMA EM BLOCOS DO MODEM DELTA



(b) FORMAS DOS SINAIS

Fig. 10.15 – Modulação Delta.

Vamos inicialmente explicar a função de cada bloco e, após, verificar o funcionamento do modulador e demodulador como um todo, ao ser aplicado em sinal de voz $f(t)$ na entrada do modulador.

a) O filtro passa-baixa do modulador tem a finalidade de limitar a faixa de freqüência do sinal de voz $f(t)$.

b) O comparador verifica se a amplitude do sinal $f(t)$ é maior ou menor que o sinal $g(t)$. Quando maior, emite um sinal positivo; quando menor, um sinal negativo.

c) O relógio dá a freqüência de amostragem do sistema.

d) O gerador de pulsos binários, sincronizado pelo relógio, emite os bits 1 ou 0, conforme o sinal do comparador seja, respectivamente, positivo ou negativo.

e) O gerador delta, sincronizado pelo relógio, produz amplitudes $+\Delta$ e $-\Delta$, respectivamente, conforme o bit recebido seja 1 ou 0.

f) As amplitudes $+\Delta$ e $-\Delta$ são injetadas no *somador cumulativo*, obtendo-se a função $g(t)$ por degraus de salto C, que aproxima o sinal original.

g) O filtro passa-baixa do demodulador serve para reconstituir o sinal de voz $f(t)$.

Quando um sinal $f(t)$ é injetado no modulador, no instante inicial o sinal $g(t)$ parte de um ponto qualquer em busca do sinal de informação (Fig. 10.15.*b*), até encontrá-lo e, a partir daí, segui-lo de perto.

O sinal emitido pelo modulador será função deste rastreio, ou seja, bit 1 quando $f(t)$ é maior que $g(t)$ e bit 0 quando menor.

No demodulador, a função $g(t)$ é obtida por um circuito análogo ao do modulador, reconstituindo-se o sinal de voz $f(t)$ através de um filtro passa-baixa. O relógio do demodulador está sincronizado com o do modulador.

Comparando-se a Fig. 10.15.*a* com a Fig. 10.7, verificamos que o sistema DM é bem mais simples que o PCM, prescindindo das etapas de quantização, compressão e codificação na modulação, e das etapas de expansão e decodificação na demodulação, que são àquelas que na prática exigem circuitos de maior complexibilidade.

10.2 – MULTIPLEXAÇÃO POR DIVISÃO DE TEMPO

10.2.1 – Princípio Básico do TDM

Conforme vimos em 10.1.1, ao fazermos a amostragem de um sinal de informação qualquer, como por exemplo o sinal da Fig. 10.16.*a*, é possível recuperar o sinal original desde que mantenhamos uma freqüência de amostragem conveniente. Vimos também que a duração de cada amostra τ, é bem pequena comparada com o tempo T. Por exemplo, para os sinais de voz com faixa até 3400 Hz, a freqüência de amostragem usual é de 8 kHz, como já vimos, o que corresponde a um período $T = 125\mu s$, sendo cada amostra $\tau \cong 2{,}1\mu s$, como valor usual.

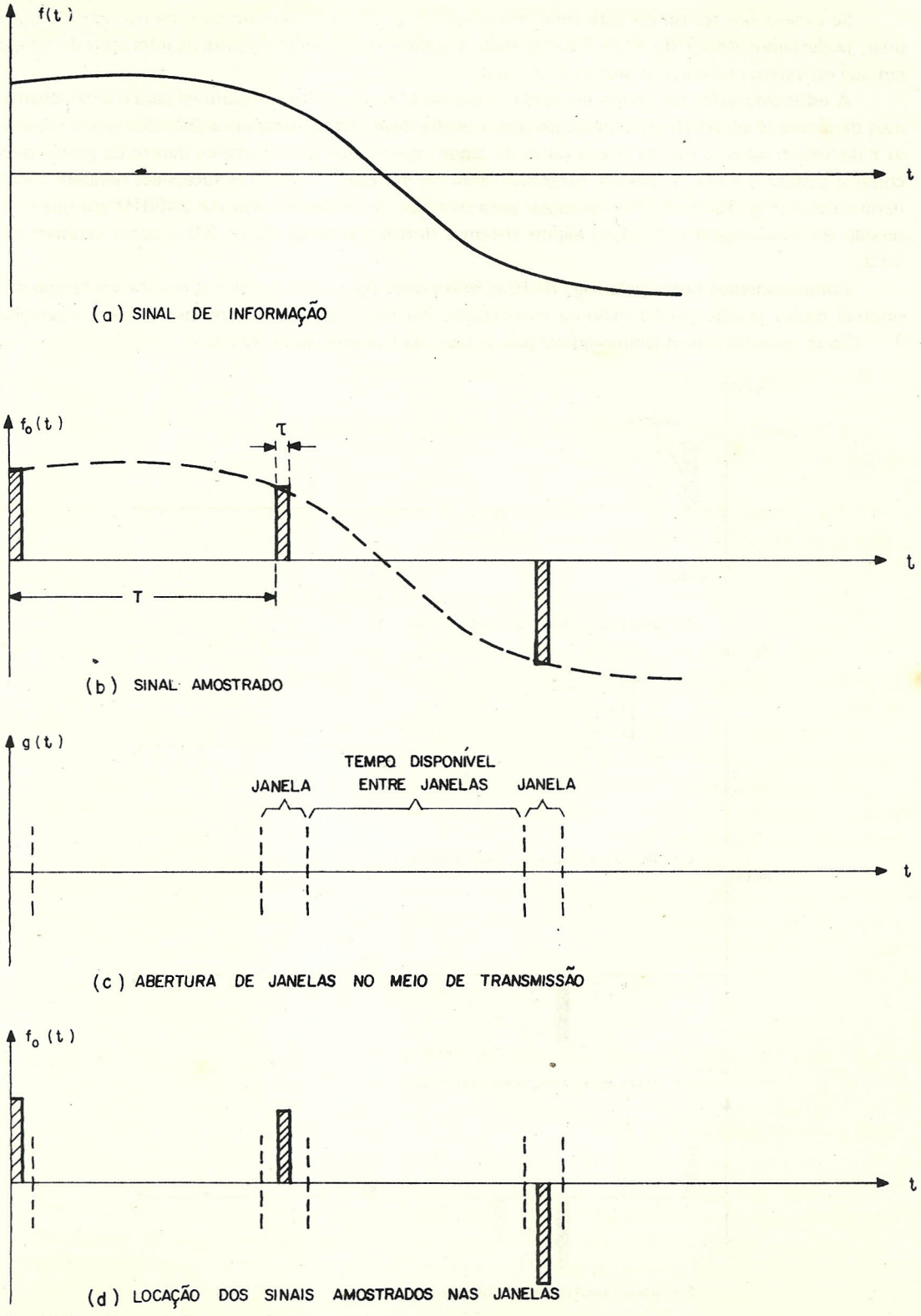


Fig. 10.16 – Transmissão de um sinal amostrado.

Se desejarmos transmitir este sinal amostrado (Fig. 10.16.*b*) por um meio de transmissão qualquer, poderíamos dispor do meio durante todo o tempo, ou somente durante os intervalos de tempo em que estiverem presentes as amostras do sinal.

A estes intervalos de tempo em que o meio de transmissão fica disponível para o sinal, chamamos de *janela* (Fig. 10.16.*c*). É evidente que a janela deve possuir uma duração maior que o intervalo τ de amostragem, a fim de que o pulso de amostragem caiba perfeitamente dentro da janela, bem como a distância entre as janelas sucessivas deve ser tal que as amostras sucessivas também caiam dentro delas (Fig. 10.16.*d*). Por exemplo, para os sinais de voz com faixa até 3400 Hz em que o intervalo de amostragem $\tau \cong 2{,}1\,\mu s$, alguns sistemas utilizam uma janela de $3{,}9\,\mu s$ como veremos em 10.3.

Como podemos notar pela Fig. 10.16.*c*, entre duas janelas consecutivas, restará um tempo disponível muito grande para o meio da transmissão. Por exemplo, para as janelas de $3{,}9\,\mu s$ e período T $125\,\mu s$, teremos uma disponibilidade para o meio da transmissão de $121{,}1\,\mu s$.

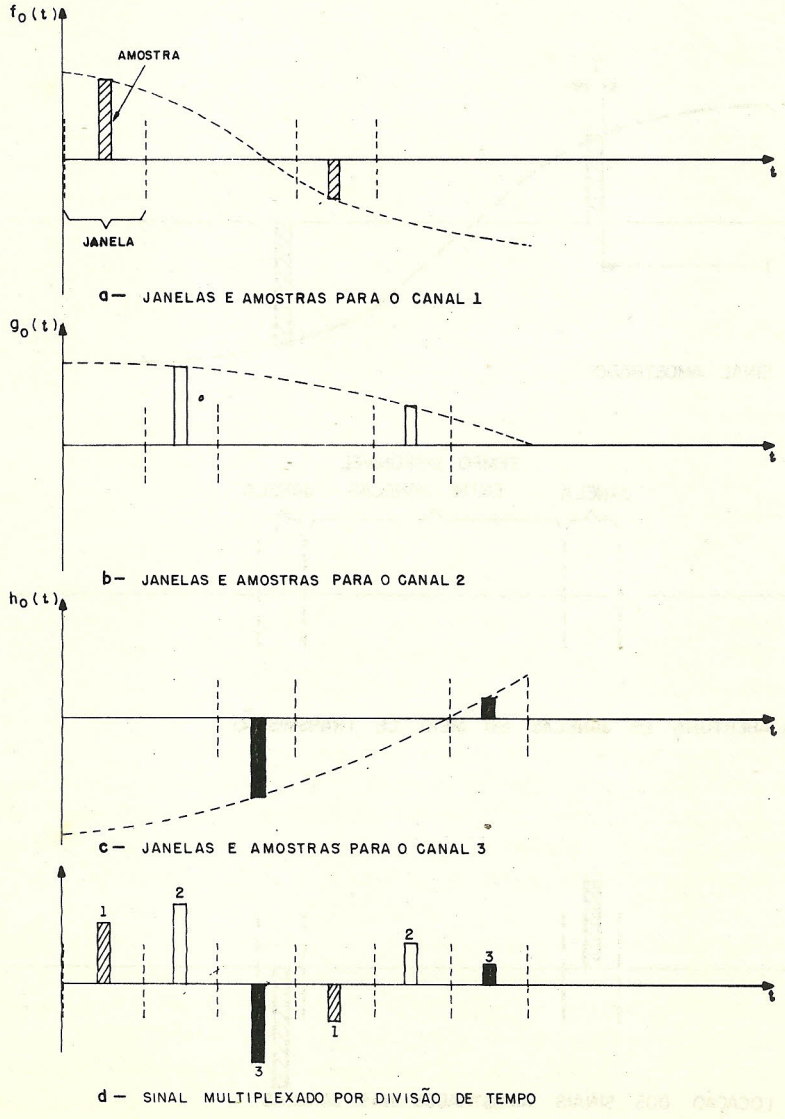


Fig. 10.17 – Multiplexação por divisão de tempo de 3 canais.

É evidente pois que, para o aproveitamento mais racional do meio de transmissão, poder-se-ia utilizar o tempo disponível para abrir outras janelas destinadas à transmissão de outros sinais amostrados. Esta abertura de janelas que permite a transmissão de diferentes sinais através de um único meio, mediante a locação conveniente de canais a estas janelas, constitui o princípio básico da multiplexação por divisão de tempo, e está apresentado na Fig. 10.17.

Nesta figura temos três sinais amostrados $f_0\ (t)$, $g_0\ (t)$ e $h_0\ (t)$, respectivamente nos canais 1, 2 e 3, para os quais foram abertas seqüencialmente janelas no meio de transmissão, de tal modo que os sinais amostrados se entrelaçam, dando origem a um sinal composto, que é o sinal TDM (sinal multiplexado no tempo).

Uma maneira simplificada de obtenção do TDM da Fig. 10.17 está apresentada na Fig. 10.18.

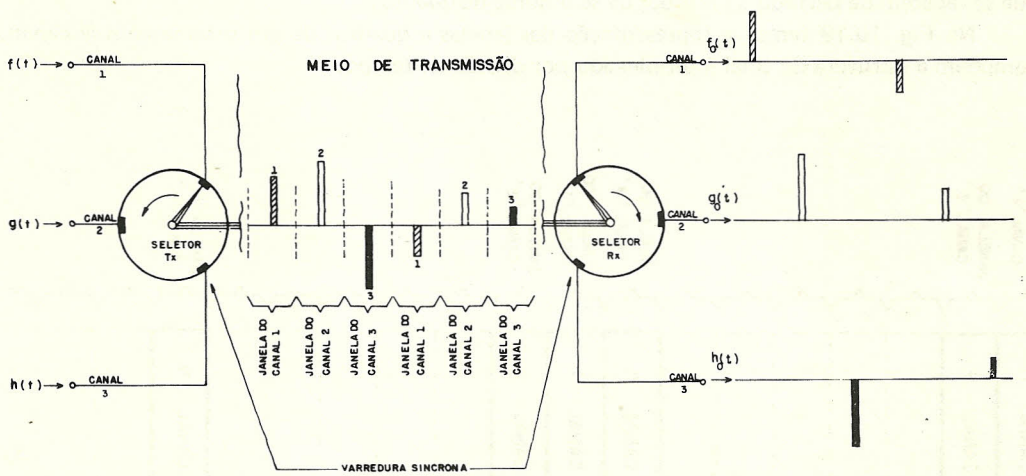


Fig. 10.18 – Maneira simplificada de obtenção do tdm.

Na transmissão, os vários canais são explorados periodicamente e em uma ordem pré-determinada, por meio de um seletor. Deste modo, as amostras de cada um dos sinais $f\ (t)$, $g\ (t)$ e $h\ (t)$ são locadas nas respectivas janelas, obtendo-se o sinal TDM da Fig. 10.17.

Na recepção, o seletor que está sincronizado em freqüência e fase com o de transmissão, recupera cada um dos sinais amostrados $f_0\ (t)$, $g_0\ (t)$ e $h_0\ (t)$.

É interessante que se façam algumas observações a respeito dos sinais que podem estar presentes nos canais associados às janelas. Não importa qual a complexidade do sinal introduzido, visto que é suficiente que a banda de freqüências do meio de transmissão permita a sua passagem, sem que a distorção cause interferência entre janelas, ou que permita a reprodução adequada de cada sinal na recepção.

Deste modo, poderemos ter janelas associadas à canais com sinais do mesmo tipo, ou de tipo diferente. Por exemplo, uma janela pode ter associada um canal com sinal PCM e outra janela um canal com sinal do tipo dibit. Podem ocorrer até casos em que o sinal presente no canal seja um TDM, isto é, um sinal previamente multiplexado no tempo, como veremos no Item 10.2.4.

No exemplo da Fig. 10.17, o esquema de locação de canais às janelas obedecem a uma correspondência rígida (canal 1 locado na janela 1, canal 2 locado na janela 2, canal 3 locado na janela 3) que é aquela empregada no TDM convencional, também chamado TDM determinístico.

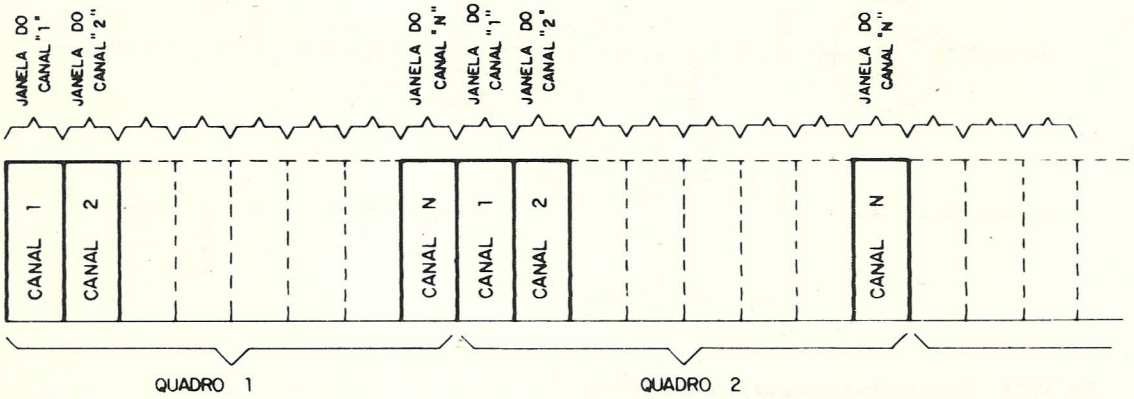
Entretanto, quando um canal está inativo, teremos na janela correspondente uma ausência de sinal. Deste modo, se a ocupação dos canais for baixa, poderemos ter um outro esquema de locação dos canais às janelas, chamado de probabilístico ou estatístico, que será explicado quando for apresentado o TASI no Item 10.7.

10.2.2 – Estrutura do Sinal Multiplexado por Divisão de Tempo

A característica essencial da estrutura do sinal TDM é a *janela*, que já vimos anteriormente.

Ao conjunto de janelas associadas a canais diferentes e seguindo uma certa ordem pré-fixada, que se repetem de período a período, dá-se o nome de *quadro*.

Na Fig. 10.19 temos a representação das janelas e quadros de um sistema com *N* canais, que compõem a estrutura do sinal multiplexado por divisão de tempo.



DURAÇÃO DE CADA QUADRO ⟶ T

DURAÇÃO DE CADA JANELA ⟶ $\tau = \frac{T}{N}$

N ⟶ Nº DE CANAIS

Fig. 10.19 – Estrutura do sinal multiplexado por divisão de tempo.

Deste modo, para determinar a configuração de um TDM teremos que considerar estas duas variáveis: número de janelas dentro do quadro e duração do quadro.

Como a duração do quadro é definida pelo tempo entre duas janelas sucessivas associadas ao mesmo canal, ou seja, o inverso da freqüência de amostragem do sinal neste canal, este último valor impõe um limite à duração do quadro.

Por outro lado, o número de janelas dentro de um quadro define a capacidade do sistema TDM. Esta capacidade estará diretamente relacionada à duração dos pulsos de amostragem, ou seja, quanto

mais estreitos, maior quantidade de janelas poderemos locar dentro do quadro. Entretanto, ao se aumentar o número de janelas, estaremos diminuindo a largura dos pulsos de amostragem, o que implica na necessidade de um meio de transmissão com faixa mais larga. Deste modo, deve haver um compromisso entre a capacidade do TDM e a faixa de meio de transmissão.

Por exemplo, o TDM–PCM que será apresentado no Item 10.3, se destina a transmissão de sinas de voz, logo a sua freqüência de amostragem é de 8kHz, como já vimos, o que nos dá um tempo de quadro máximo de 125μs. Para estes sistemas são padronizadas duas capacidades de canalização, uma para 32 canais em que a janela é de 3,9μs e outra de 24 canais em que a janela é de 5,2μs. É evidente que, para esta última capacidade, o meio de transmissão deve ter uma faixa bem menor que o do primeiro.

Existe ainda uma outra característica, na estrutura do sinal TDM, que se relaciona com as informações de sincronismo, alarmes etc. do sistema TDM. Esta característica é o multiquadro, definido como a seqüência de quadros finda a qual são completadas as informações de sinalização, sincronismo, alarmes etc. de N canais. Por exemplo, no sistema TDM-PCM para 24 canais o multiquadro tem a duração de 12 quadros, enquanto que no sistema TDM-PCM para 32 canais o multiquadro tem a duração de 16 quadros.

10.2.3 – Sincronismo

Conforme vimos na Fig. 10.18, na obtenção do TDM os seletores de T_x e R_x devem ser semelhantes e complementares, sendo o aspecto mais importante o sincronismo, pois é fundamental que se garanta as seguintes características:

a) As explorações periódicas dos seletores de transmissão e recepção devem gastar rigorosamente o mesmo período ao explorar um quadro e, ao início de cada quadro, o seletor de recepção deve iniciar a sua exploração. Em outras palavras, deve haver um perfeito sincronismo de freqüência e fase entre os quadros. No TDM este sincronismo é efetuado por um sinal chamado de *sinal de alinhamento do multiquadro.*

b) Dentro de cada quadro as janelas devem ser exploradas na mesma ordem. Em outras palavras, deve haver uma perfeita identificação das janelas de cada canal. No TDM este sincronismo é garantido pelo sinal chamado *sinal de alinhamento de quadro*.

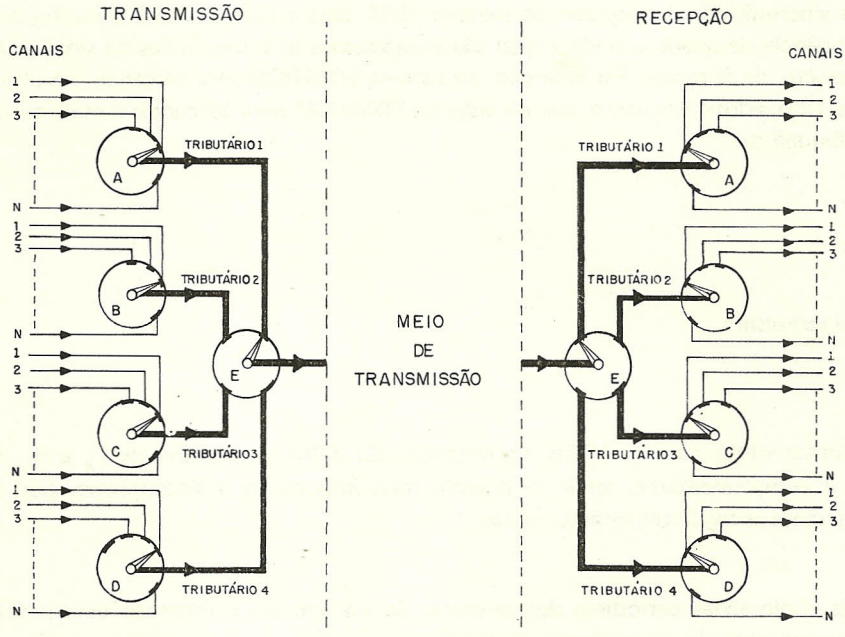
Por exemplo, no sistema TDM-PCM de 32 canais, o sinal de sincronismo de quadro é transmitido na janela do canal 0 (os canais são numerados de 0 a 31), de dois em dois quadros (quadro 0, quadro 2, quadro 4 etc.), enquanto que o sinal de sincronismo de multiquadro é enviado na janela do canal nº 16 do primeiro quadro de cada multiquadro (quadro 0).

c) É importante observar que pode existir um outro tipo de sincronismo, qual seja, aquele necessário aos sinais dos canais dentro das janelas do TDM. Por exemplo, um sinal modulado em PCM necessita um sincronismo entre os osciladores de transmissão e recepção, chamados *relógios* do PCM. Este sincronismo é feito através de um processo de recuperação do sinal de relógio, que será explicado no Item 10.4.5.

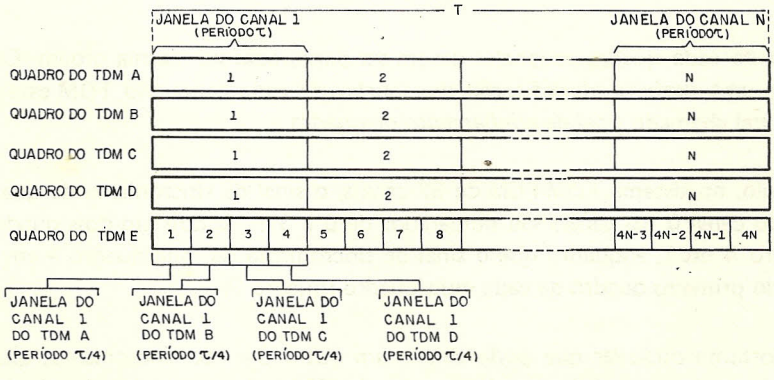
10.2.4 – Multiplexação por Divisão de Tempo de um Sinal TDM

Como vimos no Item 10.2.1, é possível fazer a multiplexação por divisão de tempo de canais, cujos sinais já tenham sido previamente multiplexados no tempo. Para este caso específico, os canais são chamados de *tributários*, sendo o sistema TDM chamado *TDM de ordem superior*.

Vamos então explicar esta multiplexação através de um exemplo, onde tomamos quatro sistemas TDM idênticos (mesma duração de quadro T e mesmo número de canais N), designados sistemas A, B, C e D, que estão em fase, isto é, as janelas correspondentes aos canais de mesma numeração de cada sistema se abrem ao mesmo tempo.



a — REPRESENTAÇÃO DOS TDM



b — ESTRUTURA DOS SINAIS TDM

Fig. 10.20 – Multiplexação por divisão de tempo de sinais TDM.

Se considerarmos estes quatro sistemas como tributários de um TDM de ordem superior, designado sistema E, poderemos representar os sistemas idênticos pelos seus seletores A, B, C e D, cujas saídas estão ligadas ao seletor E do TDM de ordem superior, conforme a Fig. 10.20.*a*.

Nesta configuração, os canais dos tributários passam a se comportar como canais do multiplex de ordem superior, sendo numerados de 1 a 4N, conforme mostra a Fig. 10.20.*b*. Deste modo, o sistema TDM E deverá ter um tempo de quadro igual ao tempo de quadro dos seus tributários A, B, C e D, visto que é necessário manter a mesma freqüência de amostragem dos sinais dos canais originais. Além disso, durante o período τ em que as janelas de cada sistema tributário estão abertas para um canal, o sistema TDM de ordem superior deve abrir 4 janelas de período $\tau/4$, uma janela para cada um dos canais dos tributários. Para que o sistema TDM de ordem superior tenha o mesmo perído de quadro T, com um número de janelas que é igual a quatro vezes a de um dos tributários, é fácil concluir que o seletor E deverá ter uma velocidade de amostragem quatro vezes maior que o dos seletores A, B, C ou D. Por exemplo, nos sistemas TDM-PCM para 32 canais, em cada janela temos 8 bits de informação, perfazendo um total de 32 x 8 = 256 bits por quadro, ou 256 x 8kHz (freqüência de amostragem) = 2048 kbits/s de taxa de sinalização binária (velocidade de transmissão). Se fizermos uma multiplexação de quatro sistemas TDM-PCM de 32 canais, obteremos um TDM de ordem superior, cuja estrutura do sinal apresenta um quadro contendo 4 x 256 = 1024 bits, ou 1024 x 8kHz = = 8192 kbits/s de taxa de sinalização binária.

Esta é basicamente a regra de formação do TDM de ordem superior, ou seja, a taxa de sinalização binária do mesmo é igual a soma das taxas de sinalização binária dos tributários.

Na formação do TDM de ordem superior existem alguns aspectos importantes, os quais abordaremos a seguir:

– Na estrutura do sinal do TDM de ordem superior, a abertura das janelas pode não seguir a mesma ordem dos canais dos tributários, conforme veremos no Item 10.4. Por exemplo, na estrutura do sinal do TDM E (Fig. 10.20.*b*), as janelas 1, 2, 3 e 4 correspondem aos canais 1 dos tributários; as janelas 5, 6, 7 e 8 aos canais 2 dos tributários etc. Entretanto, podem ocorrer casos em que a janela 1 corresponde ao canal 2 de um tributário, a janela 2 ao canal 5 de outro tributário etc.

– No TDM de ordem superior podem ser acrescidos canais extras para sincronismo, alarme etc. Por exemplo, no TDM de ordem superior formado por quatro tributários TDM/PCM de 32 canais, a estrutura do sinal apresenta 132 janelas por quadro, correspondente a 128 canais dos tributários acrescidos de quatro canais extras, o que dará uma taxa de sinalização binária de 8448 kbits/s, ao invés de 8192 kbits/s como vimos.

– Na formação do TDM de ordem superior qualquer um dos tributários pode ser substituído por uma informação, cuja taxa de sinalização binária seja a mesma do tributário substituído. Por exemplo, no TDM de ordem superior cuja taxa de sinalização binária é de 8448 kbits/s, formado por 4 tributários TDM-PCM de 32 canais, cada um com taxa de sinalização binária de 2048 kbits/s, qualquer tributário pode ser substituído por um sinal de dados de 2048 kbits/s.

10.3 – HIERARQUIA DO TDM

A fim de que se obtivesse um crescimento ordenado e racional dos sistemas TDM, visando, principalmente, fazer com que os TDM de baixa taxa de sinalização binária pudessem ser tributários dos

TDM de alta taxa de sinalização binária e que, na composição de diferentes sistemas, se utilizassem as mesmas unidades fundamentais, facilitando assim a fabricação dos equipamentos, o CCITT padronizou o processo de multiplexação por divisão de tempo, de acordo com as taxas de sinalização binária, ordenando-os em:

- TDM de 1ª ordem
- TDM de 2ª ordem
- TDM de 3ª ordem
- TDM de 4ª ordem
- TDM de 5ª ordem

Entretanto, como até esta data (1978) já existem diversos equipamentos em funcionamento ou em fase experimental, cada qual empregado numa composição diferente para o TDM, o CCITT, em caráter provisório, grupou os sistemas TDM em três conjuntos, chamados "Hierarquia Européia", Hierarquia Americana" e "Hierarquia Japonesa".

A seguir apresentaremos estas hierarquias, indicando para cada ordem do TDM o número de tributários, bem como as taxas de sinalização binária.

É importante observar nestas hierarquias, que a taxa de sinalização do TDM de ordem superior é geralmente maior que a soma das taxas de sinalização binária dos seus tributários, conforme já explicamos no Item 10.2.4.

10.3.1 – Hierarquia Européia

Os TDM utilizados nesta hierarquia estão apresentados na Fig. 10.21.

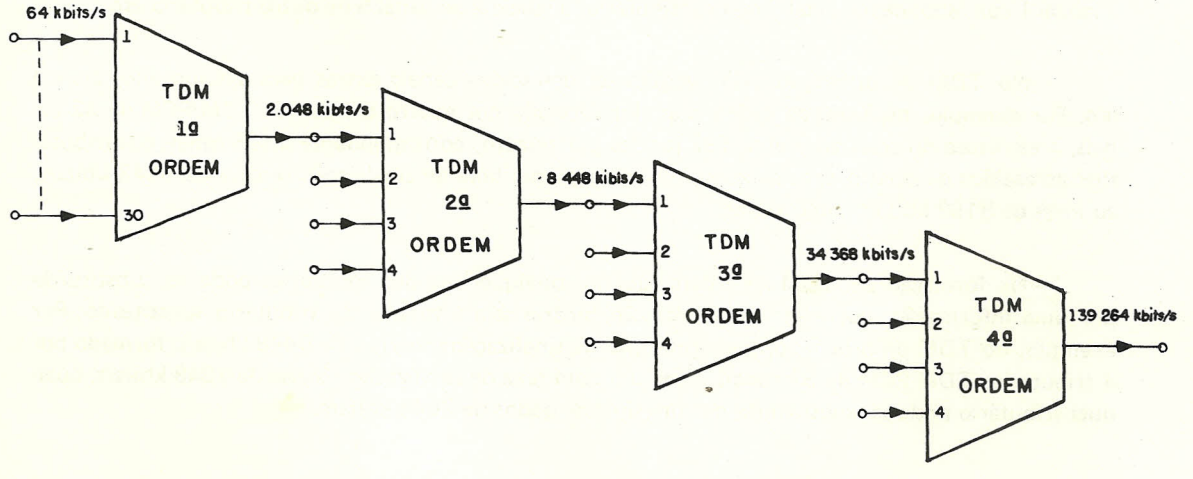


Fig. 10.21 – Hierarquia européia dos TDM.

Como podemos verificar pela Fig. 10.21, o TDM de 1ª ordem cuja taxa de sinalização binária é de 2048 kbits/s, é formado por 30 tributários de 64kbits/s. Por sua vez, o TDM de 2ª ordem cuja taxa de sinalização binária é de 8448 kbits/s, é formado por 4 tributários de 2048 kbits/s, ou seja, 4 TDM's de 1ª ordem.

De maneira semelhante são obtidos os TDM de 3ª ordem e o TDM de 4ª ordem. O TDM de 5ª ordem na Hierarquia Européia não foi padronizado até o momento.

Para o TDM de 4ª ordem o CCITT admite uma alternativa no esquema da Fig. 10.21, em que são considerados 16 tributários de 8448 kbits/s para a sua formação, não existindo neste caso o TDM de 3ª ordem.

10.3.2 – Hierarquia Americana

Os TDM utilizados nesta hierarquia estão apresentados na Fig. 10.22, sendo sua obtenção análoga àquela descrita no Item 10.3.1.

Quanto ao TDM de 5ª ordem, este também ainda não foi padronizado na Hierarquia Americana.

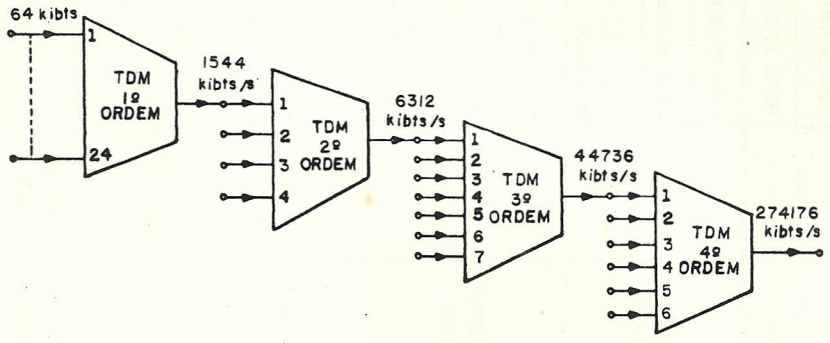


Fig. 10.22 – Hierarquia Americana dos TDM.

10.3.3 – Hierarquia Japonesa

Os TDM empregados nesta hierarquia estão apresentados na Fig. 10.23, sendo sua obtenção também análoga àquela descrita no Item 10.3.1. Neste caso, o TDM de 5ª ordem está padronizado.

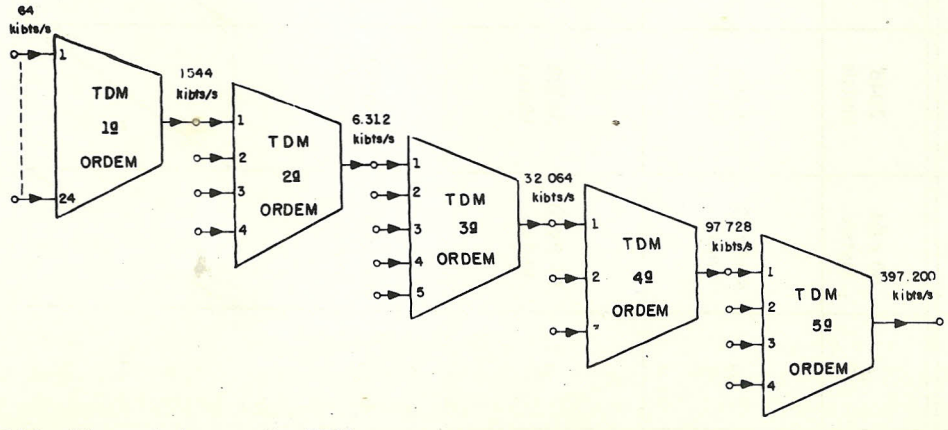


Fig. 10.23 – Hierarquia Japonesa dos TDM.

Ordem do TDM	Hierarquia Européia		Hierarquia Americana		Hierarquia Japonesa		Características de Transmissão		Estado de Desenvolvimento
	Tributários	Taxa de Sin Bin	Tributários	Taxa de Sin Bin	Tributários	Taxa de Sin Bin	Meio	Espaçamento de Repetição	
1ª	30 x 64 kbits/s	2048 kbits/s	24 x 64 kbits/s	1544 kbits/s	24 x 64 kbits/s	1544 kbits/s	Cabo de pares simétricos	⩽ 4km	Largamente empregado
							Rádio 12,7 – 12,9GHz Mod. ASK	≃ 20km	
2ª	4 x 2048 kbits/s	8448 kbits/s	4 x 1544 kbits/s	6312 kbits/s	4 x 1544 kbits/s	6312 kbits/s	Cabo de pares simétricos	⩽ 4km	Uso Já bem difundido
							Cabo microcoaxial 0,65/2,8mm	⩽ 4km	
							Rádio 12,7 – 13,25GHz Mod. PSK de 2 fases	≃ 20km	
3ª	4 x 8448 kbits/s	34368 kbits/s	7 x 6312 kbits/s	44736 kbits/s	5 x 6312 kbits/s	32064 kbits/s	Cabo microcoaxial 0,65/2,8mm	⩽ 2km	Poucos Sistemas em uso comercial
							Cabo coaxial fino 1,2/4,4mm	⩽ 4km	
							Rádio 12,7 – 13,25GHz Mod. PSK de 4 fases	≃ 20km	
4ª	4 x 34368 kbits/s	139264 kbits/s	6 x 44736 kbits/s	274176 kbits/s	3 x 32064 kbits/s	97728 kbits/s	Cabo coaxial fino 1,2/4,4mm	⩽ 2km	Em Desenvolvimento
							Cabo coaxial normal 2,6/9,5mm	⩽ 4km	
							Rádio ⩾ 18GHz Mod. PSK	⩽ 5km	
							Fibra ótica: 3 x 10^5 GHz	≃ 1 a 2km	
5ª					4 x 97728 kbits/s	397200 kbits/s	Cabo coaxial normal: 2,6/9,5mm	⩽ 2km	Em Pesquisa
							Fibra ótica: 3 x 10^5 GHz	≃ 1 a 2km	
							Guia de onda: 20 – 120GHz	≃ 10 a 20km	
							Rádio ⩾ 18GHz Mod. PSK	⩽ 5km	

Fig. 10.24 – Tabela das hierarquias do TDM.

A tabela da Fig. 10.24 apresenta um resumo das diversas hierarquias de TDM, indicando os meios de transmissão usuais, bem como o estado atual de desenvolvimento destes sistemas TDM.

10.4 – TDM PARA SINAIS DE VOZ

O sistema que utiliza a multiplexação por divisão de tempo mais desenvolvido e empregado hoje em dia, é o TDM-PCM. Este sistema se destina principalmente à transmissão de sinais de voz e o seu diagrama em blocos está apresentado na Fig. 10.25, para direção de transmissão de *A* para *B*. Para a transmissão de *B* para *A*, o diagrama em blocos é idêntico. Este, então, consiste num TDM de 1ª ordem.

Observação: Atualmente já estão em desenvolvimento ou em fase experimental equipamentos TDM-PCM para transmissão de sinais de TV, música etc.

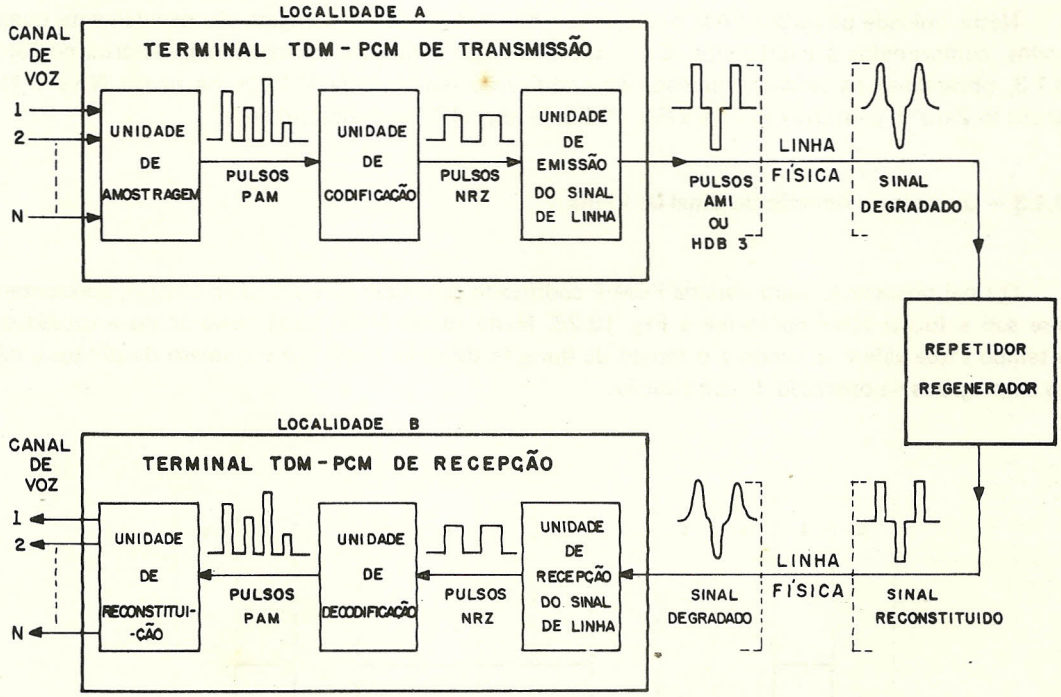


Fig. 10.25 - Diagrama em blocos de um sistema TDM-PCM.

Vamos então descrever as funções de cada uma dessas unidades, bem como apresentar as principais características para os dois sistemas TDM-PCM para sinais de voz padronizados pelo CCITT, chamados TDM-PCM de 24 canais (sistema americano) e TDM-PCM de 32 canais (sistema europeu).

É imporante observar que no sistema de 24 canais, todos os canais são usados para os sinais de voz, enquanto que no de 32 canais, 30 canais são empregados para sinais de voz, 1 canal é usado para sinalização e 1 para sincronismo e alarme.

10.4.1 – Unidade de Amostragem

Nesta unidade são realizadas as operações de amostragem dos sinais de voz dos canais entrantes e a multiplexação no tempo dessas amostras, da maneira já descrita nos Itens 10.1.3 e 10.2.1.

Como já vimos, os sinais de voz são amostrados com uma freqüência de 8kHz, que impõem um tempo de quadro de $T = 125\mu s$. O tempo τ de duração de cada janela para a execução da multiplexação é função do número N de canais do sistema, sendo dado por $\tau = T/N$.

Deste modo, para o sistema de 24 canais $\tau_{24} = 5{,}18\mu s$, e para o sistema de 32 canais $\tau_{32} = 3{,}91\mu s$.

10.4.2 – Unidade de Codificação

Nesta unidade os pulsos PAM provenientes da unidade de amostragem são devidamente quantizados, comprimidos e codificados. Estas operações são realizadas da maneira já descrita no Item 10.1.3, obtendo-se na saída da unidade de codificação um sinal TDM-PCM, na forma NRZ ("No Return to Zero"), conforme mostra a Fig. 10.26. O sinal NRZ será visto adiante.

10.4.3 – Unidade de Emissão do Sinal de Linha

O sinal processado num sistema PCM é codificado por meio de um código binário, apresentando-se sob a forma NRZ conforme a Fig. 10.26. Nesta forma NRZ, cada pulso ocupa a totalidade do tempo t que vale τ/n, sendo τ o tempo de duração de cada janela e n o número de dígitos binários empregados na operação de codificação.

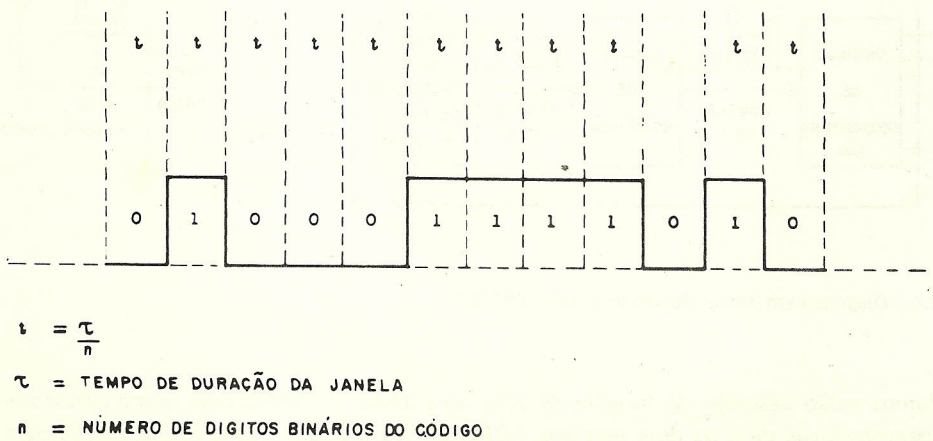


Fig. 10.26 – Código binário na forma NRZ.

O código binário na forma NRZ não é recomendável quando o meio de transmissão é uma linha física, por diversos motivos, alguns dos quais citamos a seguir:

– Componente de CC introduzida na linha, o que impede o uso de transformadores de acoplamento, unidades que são necessárias nos regeneradores do repetidor de linha e da unidade de recepção.

– Grande energia devida à amplitude dos pulsos ocuparem todo o intervalo de tempo t, o que propicia a ocorrência de diafonia.

– Possibilidade de ocorrer uma longa seqüência de valores 0 (zero) ou 1 (um) na linha, impedindo a extração do sinal de relógio nos repetidores e na unidade de recepção, como veremos adiante.

Vários tipos de sinais foram pesquisados para se obter formas adequadas de sinais para as linhas físicas, que são normalmente empregadas como meio de transmissão. Dentre eles, os mais empregados são os chamados códigos HDB-3 e AMI (Alternate Mark Inversion), também denominados de binário bipolar ou pseudoternário.

Faremos somente a descrição do código AMI, pois o HDB-3 é semelhante.

O código AMI consiste em se ter, na seqüência de pulsos na linha, o valor 1 representado por amplitudes sempre iguais em valor absoluto, entretanto, ora com polaridade positiva, ora negativa, sendo que dois valores 1 consecutivos terão sempre polaridades diferentes, enquanto que o 0 (zero) é representado pela ausência de amplitude.

A passagem do código NRZ para AMI é obtida mediante uma seqüência de transformações, como na Fig. 10.27:

– Passagem de NRZ para RZ (Return to Zero), onde a largura do pulso passa de t para $t/2$.

– Inversão dos bits pares de código RZ, isto é, quando houver o valor 1, este é substituído pelo valor 0 e vice-versa, evitando assim uma longa seqüência de valores 0 ou 1 na linha.

– Passagem para o código AMI, onde é invertida a polaridade de um em cada dois pulsos representativos do valor 1. Desta forma, nunca poderão ocorrer dois pulsos consecutivos de mesma polaridade.

Nesta unidade de emissão do sinal de linha, antes da transformação do código NRZ para outro adequado ao meio de transmissão, são agregadas as informações de sinalização, sincronismo, alarme etc.

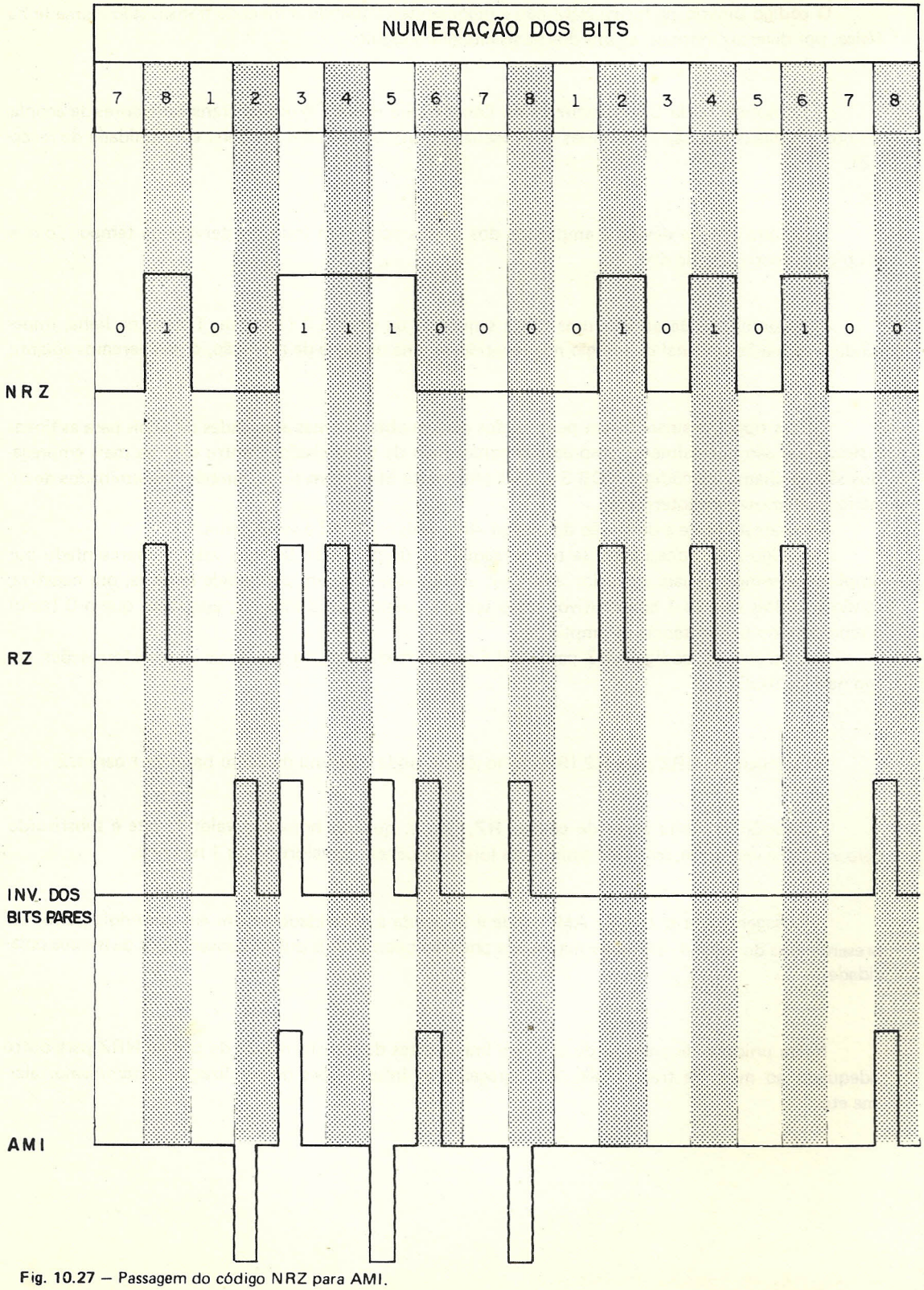


Fig. 10.27 – Passagem do código NRZ para AMI.

10.4.4 – Estrutura do Sinal TDM-PCM Entregue à Linha

Como vimos, o sinal TDM-PCM entregue à linha é formado, além da parte representativa da informação que compõe os objetivos da transmissão, de sinais de sincronismo, sinalização e alarme, completando sua estrutura, que será apresentada a seguir para os sistemas de 24 canais e 32 canais.

a) Sistema TDM-PCM de 24 canais

Na Fig. 10.28 temos a estrutura do sinal TDM-PCM de 24 canais, cujas principais características são:

a.1) Cada multiquadro tem uma duração de 1,5 ms, sendo formado por 12 quadros numerados de 1 a 12.

a.2) Cada quadro cuja duração $T = 125\mu s$, contém 24 janelas numeradas de 1 a 24, acrescido de um bit para os sinais de sincronismo (193º bit).

a.3) Cada janela cuja duração $\tau_{24} = 5{,}18\mu s$, contém 8 bits numerados de 1 a 8.

a.4) Cada bit tem uma duração $t_{24} = 648$ ns.

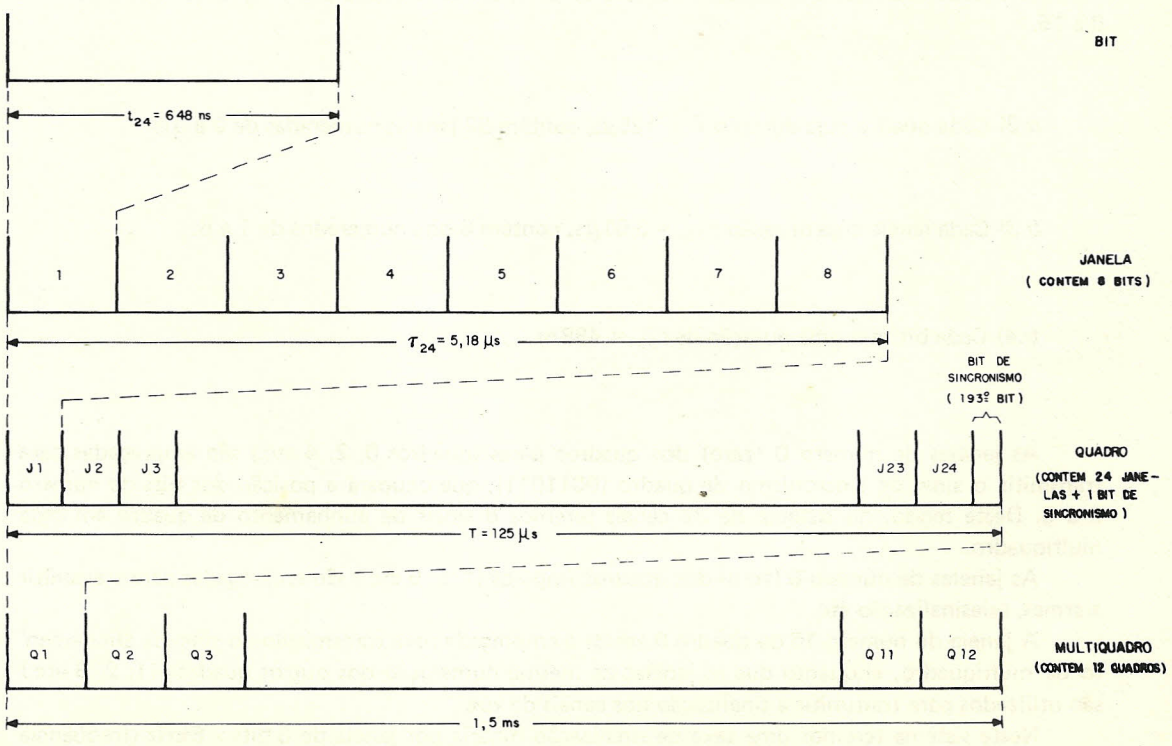


Fig. 10.28 – Estrutura do sinal TDM-PCM de 24 canais

O sinal de sincronismo de quadro é formado de 6 bits (101010), sendo transmitidos, respectivamente, nos quadros 1, 3, 5, 7, 9 e 11. Desta forma, a informação completa do sincronismo de quadro é obtida a cada 12 quadros. Por outro lado, o sinal de sincronismo de multiquadro também é formado de 6 bits (000110), que são transmitidos, respectivamente, nos quadros 2, 4, 6, 8, 10 e 12. Deste modo, a cada 12 quadros (multiquadro) completamos também as informações de sincronismo do multiquadro.

Para a transmissão da sinalização de cada canal, são utilizados os bits de número 8 de cada janela dos quadros de números 6 e 12. Assim, em cada multiquadro teremos 2 bits para completar a informação de sinalização de cada canal.

Neste sistema teremos uma taxa de sinalização binária por janela de 8 bits x 8kHz (freqüência de amostragem) = 64 kbits/s. Deste modo, para as 24 janelas teremos 24 x 64 kbits/s = 1536 kbits/s. Entretanto não podemos nos esquecer do bit de sincronismo (193º bit), cuja taxa de sinalização binária é de 1 bit x 8kHz = 8 kbits/s, que nos dará uma taxa de sinalização binária para todo o sistema TDM-PCM de 1536 + 8 = 1544 kbits/s.

b) Sistema TDM-PCM de 32 canais

Na Fig. 10.29 temos a estrutura do sinal TDM-PCM de 32 canais, cujas principais características são:

b.1) Cada multiquadro tem uma duração de 2ms, sendo formado por 16 quadros numerados de 0 a 15.

b.2) Cada quadro cuja duração $T = 125\mu s$, contém 32 janelas numeradas de 0 a 31.

b.3) Cada janela cuja duração $\tau_{32} = 3{,}91\mu s$, contém 8 bits numerados de 1 a 8.

b.4) Cada bit tem uma duração de $t_{32} = 488ns$.

As janelas de número 0 (zero) dos quadros pares (quadros 0, 2, 4 etc.) são empregadas para transmitir o sinal de sincronismo de quadro (0011011), que ocupará a posição dos bits de número 2 a 8. Deste modo, no sistema de 32 canais teremos 8 sinais de alinhamento de quadro em cada multiquadro.

As janelas de número 0 (zero) dos quadros ímpares (1, 3, 5 etc.) são empregadas para transmitir alarmes, telesinalização etc.

A janela de número 16 do quadro 0 (zero) é empregada para transmissão do sinal de alinhamento de multiquadro, enquanto que as janelas de mesma numeração dos outros quadros (1, 2, 3 etc.) são utilizados para transmitir a sinalização dos canais de voz.

Neste sistema teremos uma taxa de sinalização binária por janela de 8 bits x 8kHz (freqüência de amostragem) = 64 kbits/s. Deste modo, para 32 janelas teremos 32 x 64kbits/s = 2048 kbits/s, que é a taxa de sinalização binária para o sistema TDM-PCM de 32 canais.

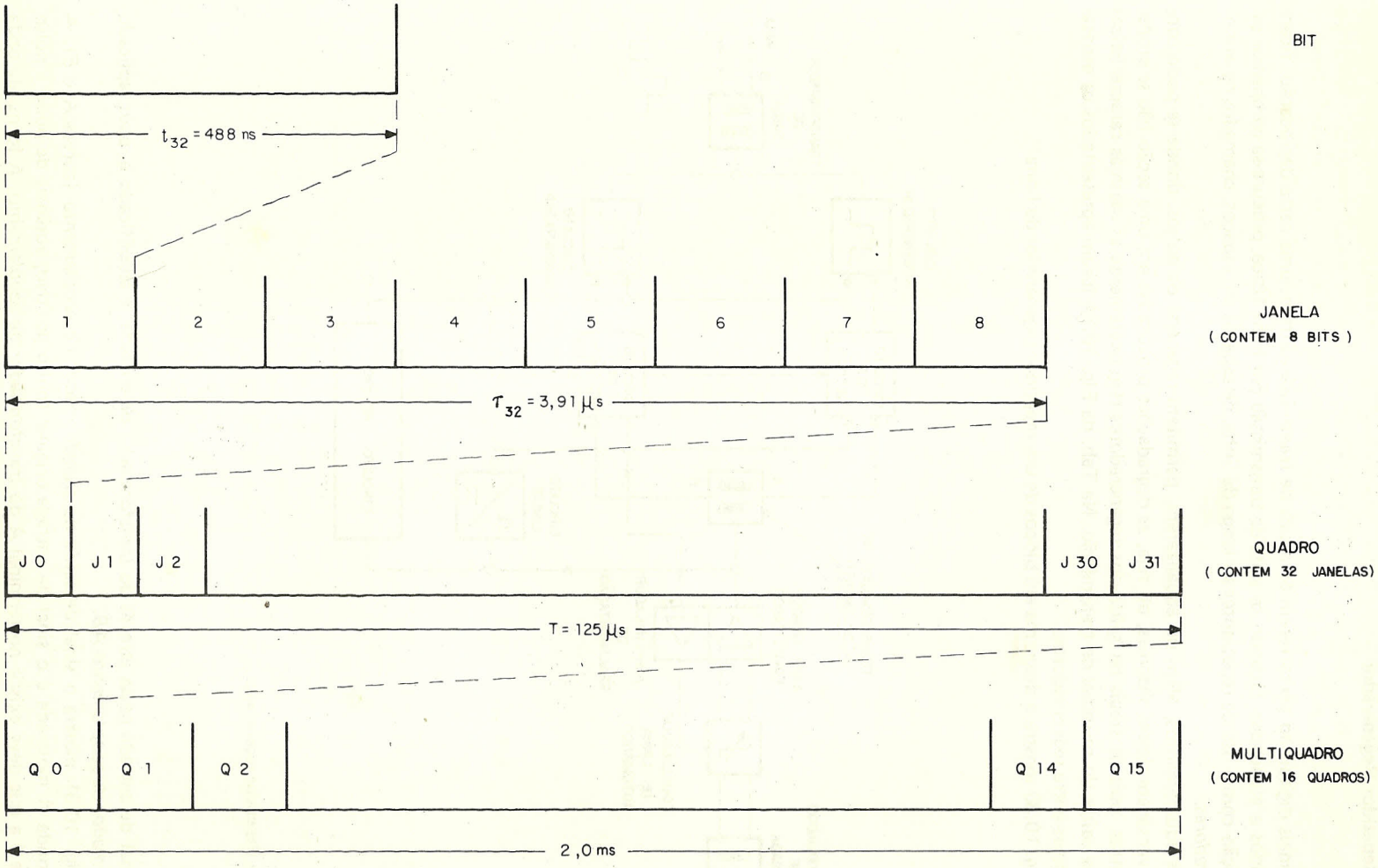


Fig. 10.29 – Estrutura do sinal TDM-PCM de 32 canais.

10.4.5 – Repetidor Regenerador

Os sinais digitais ao percorrerem os meios de transmissão sofrem uma certa degradação, ficando distorcidos e atenuados. Quando se trata da transmissão por linha física, procura-se compensar esta degradação com o uso de repetidores ao longo da linha, de espaços em espaços, chamados *repetidores regeneradores.*

Esses equipamentos, além de equalizarem, permitem regenerar os pulsos, donde se pode concluir uma vantagem desses sistemas, ou seja, as degradações provocadas em uma seção não se propagam às outras, pois os sinais na saída dos regeneradores têm exatamente as mesmas características do sinal na saída do terminal de transmissão. Na Tab. da Fig. 10.24 foram apresentados os espaçamentos típicos entre regeneradores.

A Fig. 10.30 mostra o diagrama em blocos de um repetidor regenerador de linha.

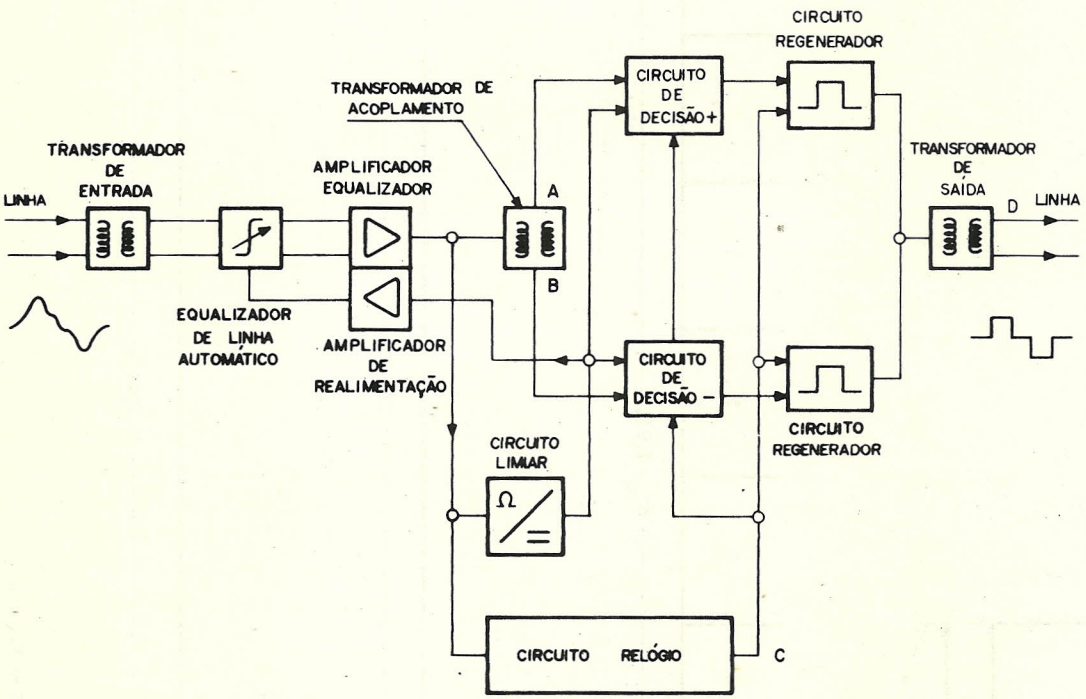


Fig. 10.30 – Repetidor regenerador.

O sinal de entrada passa através do *transformador de entrada*, é amplificado e, após, aplicado ao *transformador de acoplamento AB*.

A Fig. 10.31 mostra o sinal de saída do *transformador de acoplamento* (curvas *A* e *B*). A forma de onda *A* mostrada é o sinal de entrada original (pulso positivo, ausência de pulso e pulso negativo) e é a que deve existir no terminal *A* do *transformador de acoplamento*. A forma de onda *B* é aquela que deve existir no terminal *B* do transformador.

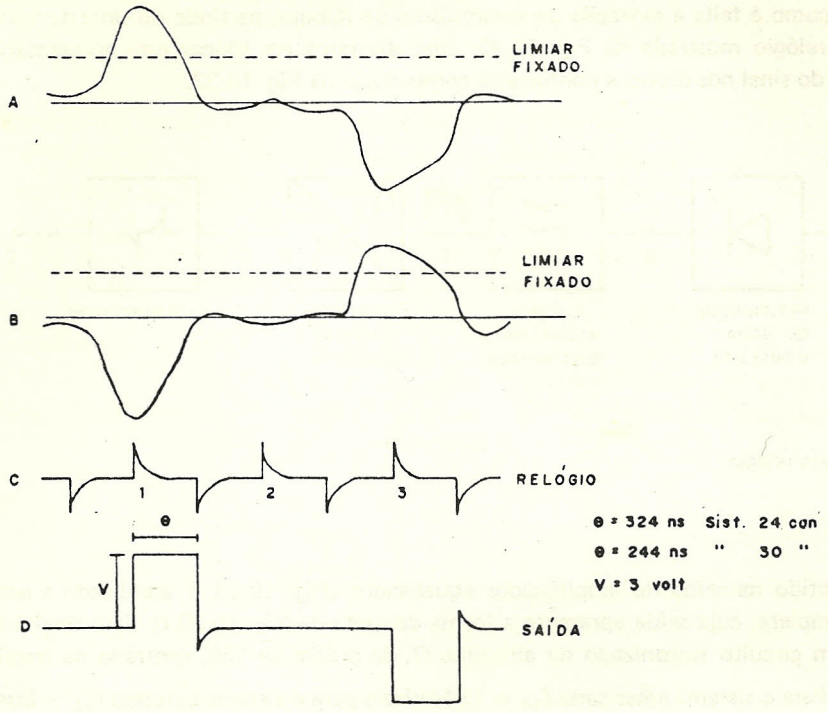


Fig. 10.31 – Sinal de saída.

O limiar de detecção é mantido na metade da amplitude (pico) do pulso nos pontos *A* e *B*. Para que isso ocorra, o *circuito de limiar* fornece a metade dessa amplitude para os *circuitos de decisão* + e −. Esse mesmo sinal também é fornecido para o *amplificador de realimentação*, o qual controla o ganho da amplificação de entrada, fazendo com que a amplitude do pulso em *A* e *B* seja mantida constante, compensando assim qualquer variação de atenuação da linha.

Na saída do *relógio* existe a forma de onda *C*, da qual os picos positivos possibilitam a decisão das portas e os picos negativos desligam os *regeneradores*. O sinal *C* é, pois, sincronizado com os pulsos de entrada, ocorrendo então os picos positivos no instante em que aqueles pulsos, quando presentes, têm sua máxima amplitude; donde se conclui que: uma longa seqüência de zeros poderia tirar o sistema de sincronismo.

O pico positivo do *relógio* provoca a abertura das portas dos *circuitos de decisão*. Quando o pulso excede o valor fixado para o limiar, a porta deixa passar esse sinal para o *regenerador*. Recebendo esse sinal, o *regenerador* é acionado e emite um novo pulso para a linha. O pico 1 abre a porta que deixa passar a forma de onda *A* que, excedendo o limiar, liga o *regenerador positivo*. O pico seguinte do *relógio*, que é negativo, desliga o *regenerador*. O pico 2 abre a porta, entretanto, se o sinal de entrada não exceder o nível limiar, nenhum regenerador é ligado. O pico 3 do *relógio* permite a abertura das portas e a forma da onda *B*, excedendo o limiar, liga o regenerador negativo. O pico seguinte, negativo, desliga o *regenerador* e, assim por diante, o funcionamento do *repetidor regenerativo* segue o processo aqui exemplificado.

O exemplo aqui apresentado prendeu-se a um só sentido de transmissão, entretanto, para o outro sentido existe outro regenerador e tudo se processa da mesma forma.

Vejamos como é feita a extração do sincronismo de relógio, partindo do sinal de linha, através do circuito de relógio mostrado na Fig. 10.30, cujo diagrama em blocos está apresentado na Fig. 10.32. A forma do sinal nos diversos pontos está apresentado na Fig. 10.33.

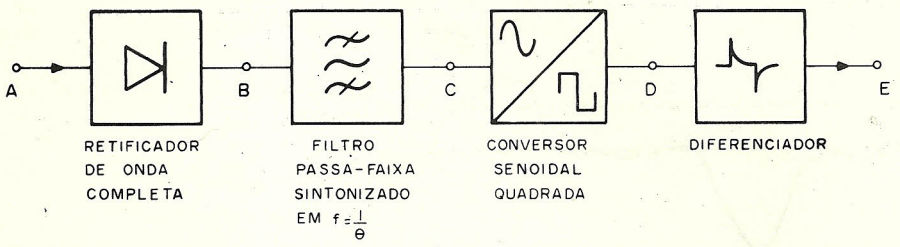


Fig. 10.32 – Circuito relógio.

O sinal obtido na saída do amplificador equalizador (Fig. 10.33.*a*) é aplicado a um retificador de onda completa, cuja saída apresenta a forma de onda da Fig. 10.33.*b*. Este sinal é então encaminhado a um circuito sintonizado de altíssimo Q, da ordem de 150, centrado na freqüência de relógio ($f = \frac{1}{\theta}$). Para o sistema americano $f_{24} = 1544\text{kHz}$ e para o sistema europeu $f_{32} = 2048\text{kHz}$.

Na saída desse filtro passa-faixa teremos um sinal senoidal na freqüência de sintonia (Fig. 10.33.*c*). Se houver uma seqüência longa de dígitos 1 ou 0, a saída do circuito sintonizador poderá cair muito em amplitude. Para se evitar este fato é utilizado o código AMI ou HDB-3, o que não permite a perda de sincronismo.

O sinal senoidal é então aplicado a um circuito conversor de onda senoidal em quadrada, cuja saída (Fig. 10.33.*d*) está ligada a um circuito diferenciador, obtendo-se finalmente o sinal de relógio (Fig. 10.33.*e*).

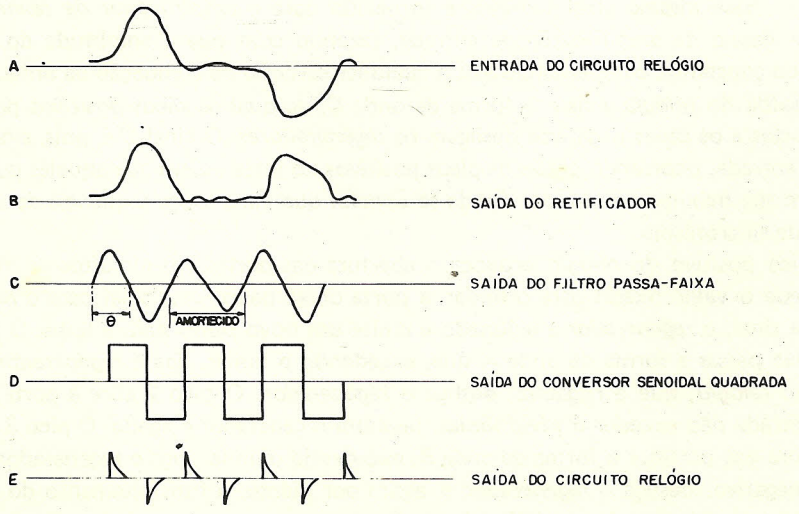


Fig. 10.33 – Forma dos sinais no circuito relógio.

10.4.6 – Unidade de Recepção do Sinal de Linha

Nesta unidade, o sinal que vem da linha de transmissão passa inicialmente por um regenerador, cujo funcionamento é o descrito no Item anterior. Após o regenerado, o sinal é transformado do código AMI, ou qualquer outro empregado pelo sistema, para o código NRZ.

Outra operação executada nesta unidade é a extração dos bits que trazem informação de sinalização dos canais, sincronismo, alarme etc.

10.4.7 – Unidade de Decodificação

Nesta unidade, os pulsos NRZ provenientes da unidade de recepção do sinal de linha são diretamente expandidos, decodificados e demultiplexados, conforme já descrevemos no Item 10.1.3 e 10.2.1. Deste modo, os pulsos são encaminhados para seus respectivos canais, por meio de portas que se abrem sucessivamente, comandadas pelos sinais de sincronismo extraídos anteriormente do sinal de linha.

10.4.8 – Unidade de Reconstituição

Nesta unidade, os pulsos PAM passando através de filtros passa-baixa, de faixa até 3 400 Hz, existentes em cada canal, reconstituem o sinal de voz original.

10.4.9 – Situação do TDM-PCM na Hierarquia do TDM

Os dois tipos de sistemas TDM-PCM anteriormente descritos correspondem, nas hierarquias do TDM apresentadas em 10.5, à um TDM de 1ª ordem.

É evidente que se esses TDM-PCM forem tributários dos TDM de origem superior, poderemos aumentar a capacidade de canalização do sistema multiplex. Deste modo, para as hierarquias européia, americana e japonesa, teremos as seguintes capacidades de canais de voz, quando todos os TDM de 1ª ordem são TDM-PCM.

	Número de Canais de Voz		
	Hierarquia Européia	*Hierarquia Americana*	*Hierarquia Japonesa*
TDM-PCM	*30*	*24*	*24*
TDM de 2ª Ordem	4 x 30 = *120*	4 x 24 = *96*	4 x 24 = *96*
TDM de 3ª Ordem	4 x 120 = *480*	7 x 96 = *672*	5 x 96 = *480*
TDM de 4ª Ordem	4 x 480 = *1920*	6 x 672 = *4032*	3 x 480 = *1440*
TDM de 5ª Ordem			4 x 1440 = *5760*

Fig. 10.34 – Tabela de capacidade de canais de voz.

10.5 – TDM PARA SINAIS TELEGRÁFICOS

Para a transmissão dos sinais telegráficos assíncronos existem dois tipos de TDM padronizados pelo CCITT, que também podem ser empregados para sinais de dados assíncronos:

– TDM transparente (recomendação R111 do CCITT).

– TDM não transparente (recomendação R101 do CCITT).

10.5.1 – TDM Transparente

Este tipo de TDM é totalmente independente do código (CCITT nº 2 ou outros) e da taxa de modulação do sinal telegráfico ou de dados, isto quer dizer que, qualquer que seja o código ou taxa de modulação empregados, dentro de determinados limites, este equipamento não apresentará restrições para a transmissão dos sinais assíncronos. Daí o seu nome de *TDM transparente.*

Este TDM pode ser basicamente dividido em duas partes, cujo diagrama em blocos está apresentado na Fig. 10.35 e que serão descritos a seguir.

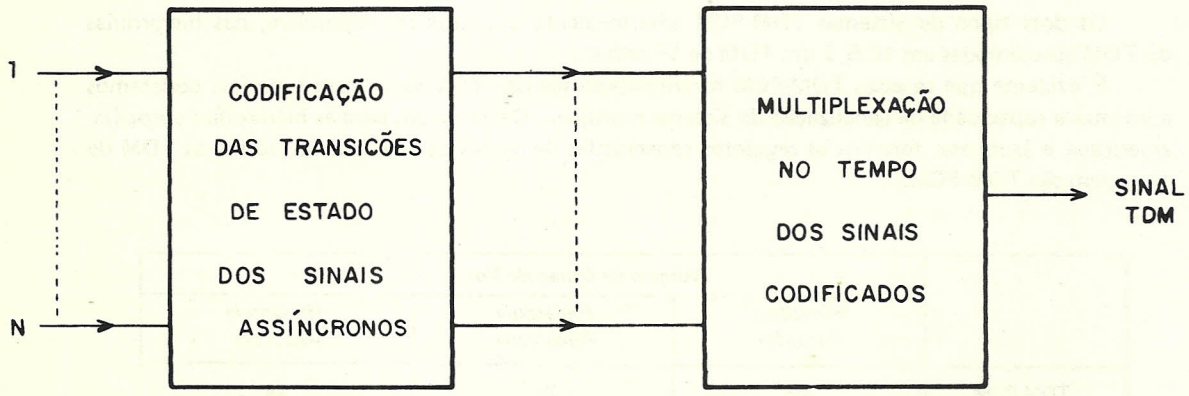


Fig. 10.35 – Diagrama em blocos do TDM transparente.

a) Codificação das transições de estado dos sinais assíncronos

Antes de iniciarmos propriamente a explicação deste bloco, é necessário recordarmos que o sinal telegráfico assíncrono ou sinal de dados assíncrono é do tipo digital binário, como o da Fig. 10.36.*a*, ou seja, um sinal que só pode assumir um de dois estados possíveis, 1 ou 0.

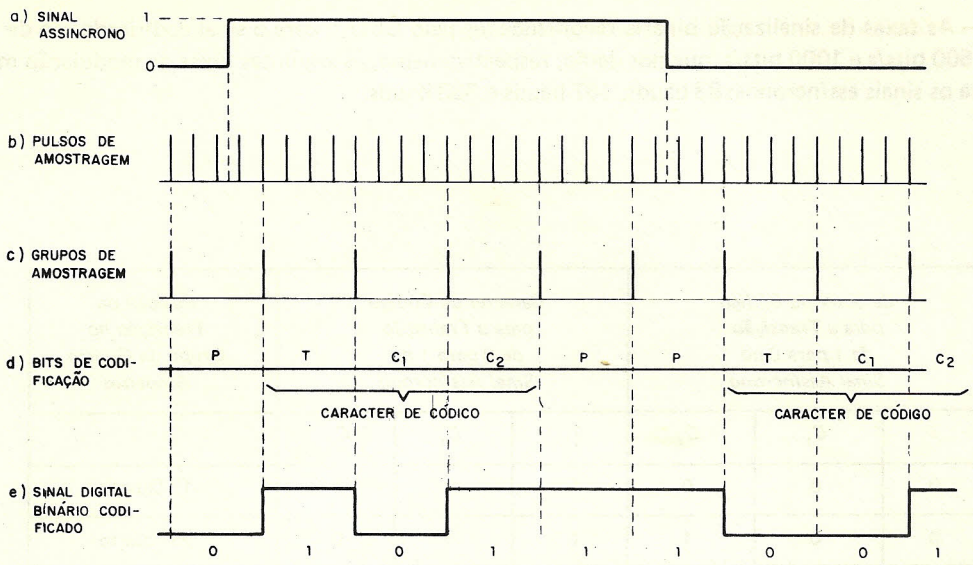


Fig. 10.36 – Codificação das transições de estado dos sinais assíncronos.

Para que seja possível a transmissão do sinal assíncrono, qualquer que seja o código ou taxa de modulação empregados, dentro de determinados limites, o TDM transparente inicialmente codifica as transições de estado 1 para 0 ou 0 para 1 dos sinais assíncronos presentes nos diversos canais, conforme a Fig. 10.36.

Este processo de codificação consiste em:

– Fazer uma amostragem do sinal assíncrono por pulsos, cuja taxa de sinalização binária é muito maior que a do sinal assíncrono (Fig. 10.36.*b*).

– Os pulsos de amostragem são divididos em grupos de quatro (Fig. 10.36.*c*), de tal modo que cada transição terá uma posição definida em cada grupo (Fig. 10.36.*b*).

– Para cada transição teremos um código de 3 bits (bits T, C_1 e C_2), chamado *caracter de código*. O bit T indica a transição ocorrida, enquanto os bits C_1 e C_2 indicam a posição de transição no grupo. A tabela da Fig. 10.37 apresenta este código.

– Os bits T, C_1 e C_2 são enviados nos 3 grupos subseqüentes ao grupo em que ocorre a transição de sinal assíncrono.

– Os bits de caracter de código são transmitidos a uma taxa de 1 bit a cada quatro amostras (Fig. 10.36.*d*).

– Entre os caracteres de código teremos bits P (Fig. 10.36.*d*) que são usados para confirmar a polaridade do sinal assíncrono, bem como para garantir a recuperação do sinal de relógio. Como o menor número de bits P pode ser zero, teoricamente a maior taxa de modulação do sinal assíncrono deve ser numericamente igual a um terço da taxa de sinalização binária do sinal codificado. Por exemplo, para uma taxa de sinalização binária do sinal codificado de 250 bits/s, a maior taxa de modulação do sinal telegráfico deve ser de 250/3 = 83 baud (para sinal binário n (bits/seg) = n (baud)).

– As taxas de sinalização binária recomendadas pelo CCITT para o sinal codificado são de 250 bits/s, 500 bits/s e 1000 bits/s, que nos darão, respectivamente, as seguintes taxas de modulação máxima para os sinais assíncronos: 83 bauds, 167 bauds e 333 bauds.

Caracter de Código para a Transição de 1 para 0 no Sinal Assíncrono			*Caracter de Código para a Transição de 0 para 1 no Sinal Assíncrono*			*Posição da Transição no Grupo de Quatro Amostras*
T	C_1	C_2	T	C_1	C_2	
0	0	0	1	1	1	1º Quarto
0	0	1	1	1	0	2º Quarto
0	1	0	1	0	1	3º Quarto
0	1	1	1	0	0	4º Quarto

Fig. 10.37 – Tabela de codificação

b) Multiplexação no tempo

Na segunda parte do TDM transparente é efetuada a multiplexação no tempo dos sinais codificados, correspondentes às transições dos sinais assíncronos de cada canal. Nesta etapa são também inseridos os sinais de sincronismo, alarme etc.

De acordo com a taxa de sinalização binária do sinal TDM na saída do multiplexador, o CCITT classifica dois grupos:

– Multiplexadores para 64 kbits/s.

– Multiplexadores para 2,4 kbits/s; 4,8 kbits/s e 9,6 kbits/s.

b.1) Multiplexadores para 64 kbits/s

• *Estrutura do quadro*

Cada quadro consiste de 240 bits para a informação e mais 16 bits regularmente distribuídos dentro do quadro, empregados para sincronismo de quadro e outros propósitos. Deste modo teremos:

$$64.000 \div 256 = 250 \text{ quadros/s}$$

• *Locação dos bits de informação*

Como já vimos anteriormente, as taxas de sinalização binária indicadas para os sinais codificados de cada canal multiplex telegráfico e de dados são 250 bits/s, 500 bits/s e 1000 bits/s, o que corresponde, respectivamente, a 1 bit por quadro, 2 bits por quadro e 4 bits por quadro.

b.2) Multiplexadores para 2,4 kbits/s; 4,8 kbits/s e 9,6 kbits/s

● *Estrutura do quadro*

Cada quadro consiste de 180 bits para a informação e mais 32 bits regularmente distribuídos dentro do quadro, empregados para sincronismo e outros propósitos. Deste modo teremos:

– Para 2,4 kbits/s → 2400 ÷ 192 = 12,50 quadros/s.
– Para 4,8 kbits/s → 4800 ÷ 192 = 25 quadros/s.
– Para 9,6 kbits/s → 9600 ÷ 192 = 50 quadros/s.

● *Locação dos bits de informação*

Considerando as diversas taxas de sinalização binária recomendada pelo CCITT para os sinais codificados, teremos os seguintes números de bits por quadro:

Taxa de Sinalização Binária para os Sinais Codificados (bits/s)	*Número de Bits por Quadro para cada Canal Multiplex*		
	9,6 kbits/s	4,8 kbits/s	2,4 kbits/s
250	5	10	20
500	10	20	40
1000	20	40	80

Fig. 10.38 – Tabela de bits por quadro.

c) Capacidade de canais multiplex no TDM transparente

A tabela da Fig. 10.39 apresenta o número máximo de canais multiplex para os diversos TDM transparentes, considerando-se as taxas de modulação mais usuais para os sinais telegráficos e de dados assíncronos.

Taxa de Modulação do Sinal Assíncrono (bauds)	*Taxa de Sinalização Binária Para os Sinais Codificados (bits/s)*	*Máxima Taxa de Modulação Teórica (bauds)*	*Número Máximo de Canais*			
			64 kbits/s	9,6 kbits/s	4,8 kbits/s	2,4 kbits/s
50	250	83	240	32	16	8
	500	167	120	16	8	4
100	500	167	120	16	8	4
	1000	333	60	8	4	2
200	1000	333	60	8	4	2
300	1000	333	60	8	4	2

Fig. 10.39 – Tabela de capacidade de canais multiplex no TDM transparente.

10.5.2 – TDM não Transparente

Este tipo de TDM é dependente do código e taxa de modulação do sinal telegráfico ou de dados, isto quer dizer que este equipamento está programado para funcionar com um só código telegráfico e uma determinada taxa de modulação do sinal assíncrono. Daí o seu nome de *TDM não transparente*.

Para este equipamento o CCITT padroniza uma única taxa de sinalização binária de 2400 bits/s para o sinal TDM.

O CCITT indica ainda que o TDM não transparente deve possuir facilidades de reprogramação para os códigos e taxas de modulação indicados na tabela da Fig. 10.40. Nesta tabela estão também apresentados as capacidades de canais multiplex para cada taxa de modulação do sinal assíncrono.

Taxa de Modulação (bauds)	*Estrutura do Caracter*		*Código CCITT Nº*	*Número de Canais Multiplex*
	Comprimento (unidades)	*Elemento de Parada (unidades)*		
50	7,5	1,5	2	46
75	7,5	1,5	2	30
100	7,5	1,5	2	22
	10	1,0	5	
110	11	2,0	5	22
134,5	9	1,0	3	15
150	10	1,0	5	15
200	7,5	1,5	2	10
	10	1,0	5	
	11	2,0	5	
300	10	1,0	5	7
	11	2,0	5	

Fig. 10.40 – Tabela de capacidades de canais multiplex no TDM não transparente.

O TDM não transparente pode ser basicamente dividido em duas partes, cujo diagrama em blocos está apresentado na Fig. 10.41 e que serão descritos a seguir.

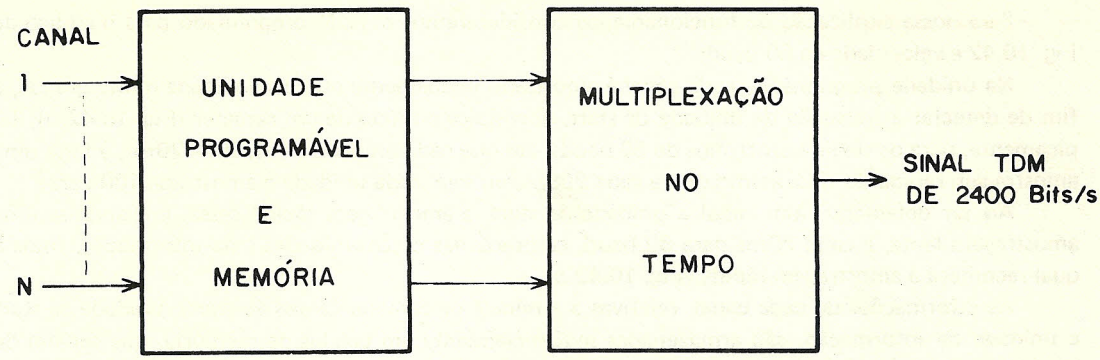


Fig. 10.41 - Diagrama em blocos do TDM não transparente.

a) Unidade programável e memória

Antes de iniciarmos a explicação deste bloco, é conveniente recordarmos a forma do sinal assíncrono, ou seja, a estrutura do caracter. A Fig. 10.42.*a* apresenta um sinal assíncrono, cujo código (nº 2 do CCITT) emprega 7,5 unidades (*t*) na estrutura do caracter: uma unidade de partida (start), cinco unidades para a informação e uma unidade e meia para a parada (stop).

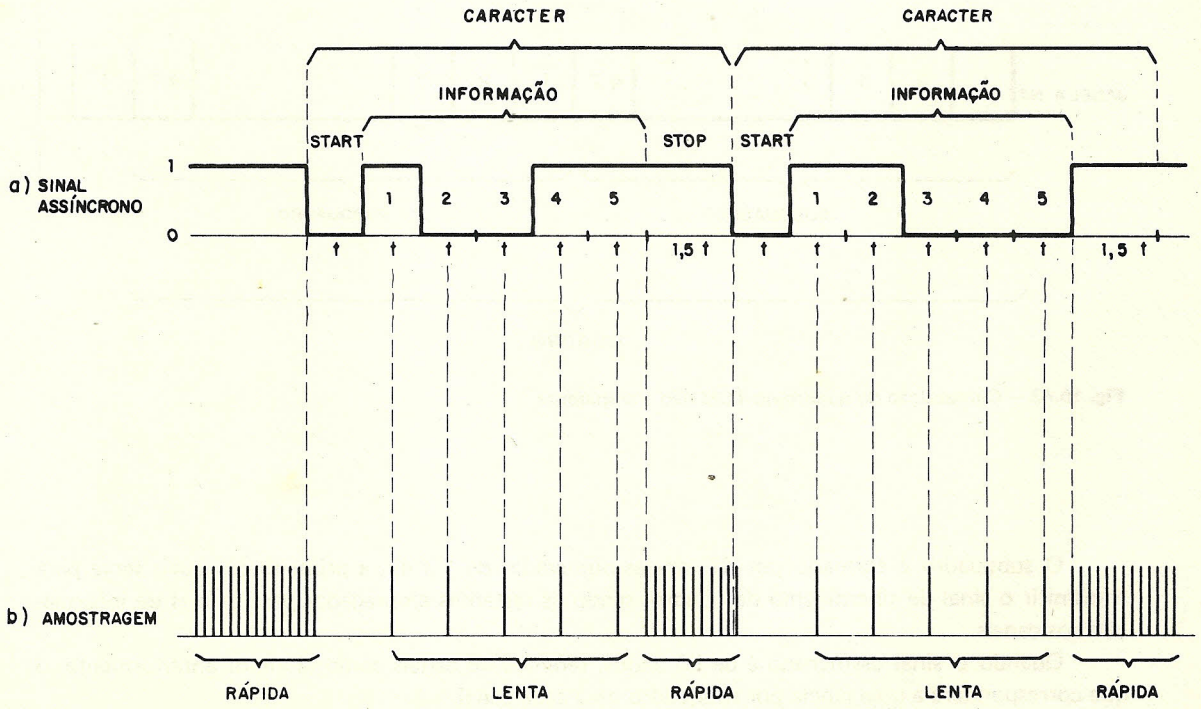


Fig. 10.42 – Sinal assíncrono.

Para nossa explicação de funcionamento consideraremos o TDM programado para o código da Fig. 10.42 e velocidade de 50 bauds.

Na unidade programável, cada canal é amostrado inicialmente numa velocidade muito grande, a fim de detectar a transição da unidade de start, que indica o início de um caracter (Fig. 10.42.*b*). Tipicamente, para os sinais assíncronos de 50 bauds, em que cada unidade $t = 1/50 = 20$ms, é feita uma amostragem rápida do sinal assíncrono a cada 200μs, ou seja, cada unidade é amostrada 100 vezes.

Ao ser detectado num canal a unidade de start, a amostragem rápida cessa, iniciando-se uma amostragem lenta, a cada 20ms para 50 baud, centrada nas cinco unidades t da informação, finda a qual recomeça a amostragem rápida (Fig. 10.42.*b*).

As informações de cada canal, relativas a ausência de caracter (antes do start), unidade de start e unidade de informação, são armazenadas seqüencialmente em células de memória, que servem de interface para a multiplexação no tempo.

Cada vez que o TDM abre uma janela relativa ao canal em análise, é transmitido um bit de informação, na seqüência em que foi armazenada na memória.

Na recepção, após receber a última das cinco unidades de informação de um caracter, a unidade programável regenera a unidade de stop do caracter.

b) Multiplexação no tempo

Na segunda parte do TDM não transparente, é feita a multiplexação no tempo dos sinais presentes nas células de memória de cada canal. Nesta etapa é inserido o sinal de sincronismo de quadro.

Como já vimos anteriormente, o sinal TDM tem uma taxa de sinalização binária de 2400 bits/s.

Cada quadro é constituído de dois subquadros, cuja composição está apresentada na Fig. 10.43.

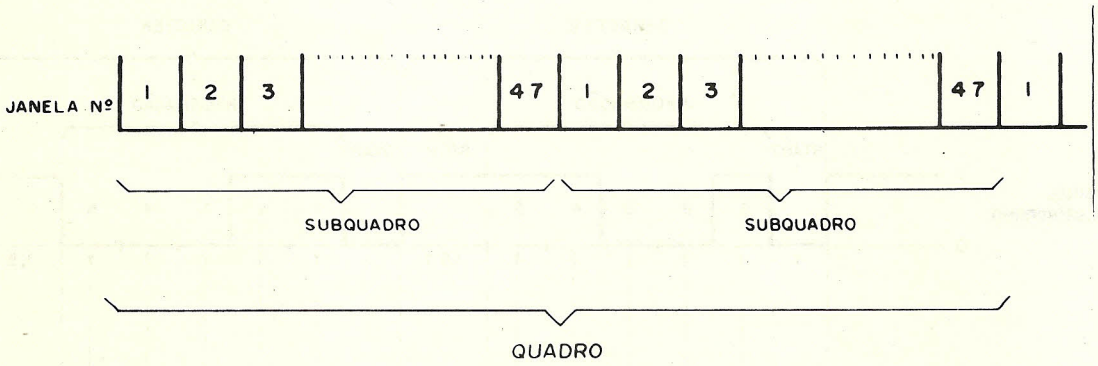


Fig. 10.43 – Composição do quadro no TDM não transparente.

O subquadro é formado por 47 janelas numeradas de 1 a 47, a primeira das quais serve para transmitir o sinal de sincronismo de quadro, sendo as restantes empregadas para os bits de informação dos canais.

Quando o sinal assíncrono é de 50 bauds, teremos 46 canais como já vimos anteriormente, o que corresponderá a uma janela por subquadro para cada canal.

Para o sinal assíncrono de 100 bauds teremos 22 canais, o que corresponderá a duas janelas por subquadro para cada canal, havendo uma sobra de 3 janelas que serão completas com bits, chamados *bits de recheio* (stuff).

Para as outras taxas de modulação serão feitas combinações semelhantes.

Na recomendação *R*101 do CCITT estão apresentadas as alternativas recomendadas para a locação dos canais às janelas do subquadro do sinal TDM.

Observação: Geralmente a saída do TDM não transparente está ligada a um modem analógico de 2400 bits/s, do tipo apresentado em 9.2.6, que emprega um canal de voz do FDM como meio de transmissão.

10.6 – TDM PARA SINAIS DE DADOS

Os TDM's para sinais de dados são divididos em dois grupos, conforme o modo de transmissão do terminal de dados:

– TDM para sinais de dados assíncronos;

– TDM para sinais de dados síncronos.

O primeiro grupo de TDM's já foi apresentado no item anterior 10.5, enquanto que o segundo grupo será explicado a seguir.

10.6.1 – TDM para Sinais de Dados Síncronos

Antes de iniciarmos a explicação deste grupo de equipamento TDM, é conveniente recordarmos que, na transmissão de dados síncronos, os sinais presentes em todos os canais estão perfeitamente sincronizados entre si, isto é, sabe-se exatamente o instante de ocorrência de cada bit presente nos diversos canais. Devido a isto, nestes equipamentos não há necessidade de um estágio intermediário entre os canais e a multiplexação no tempo, conforme aquele utilizado pelo TDM para sinais assíncronos, visto anteriormente. Assim sendo, a multiplexação no tempo é executada diretamente nos sinais presentes nos canais à entrada do TDM.

Para este tipo de equipamento, o CCITT padroniza a taxa de sinalização de 64 kbits/s para o sinal TDM.

Conforme a formação do sinal TDM, teremos dois tipos de estruturas empregadas:

– Entrelaçamento de envelopes: quando em cada janela aberta pelo TDM temos um conjunto de bits de um canal (envelope)

– Entrelaçamento de bits: quando em cada janela aberta pelo TDM temos um bit de um canal

a) Entrelaçamento de envelopes

O CCITT padroniza diversos tipos de envelopes, que estão apresentados nas recomendações X50 e X51. Dentre estes, o mais usado é o envelope de 8 bits, que está apresentado na Fig. 10.44.

Neste envelope temos 6 bits para a informação do canal (bits 2 a 7), um bit para informação de sincronismo de quadro (bit 1) e um bit de "status" (bit 8).

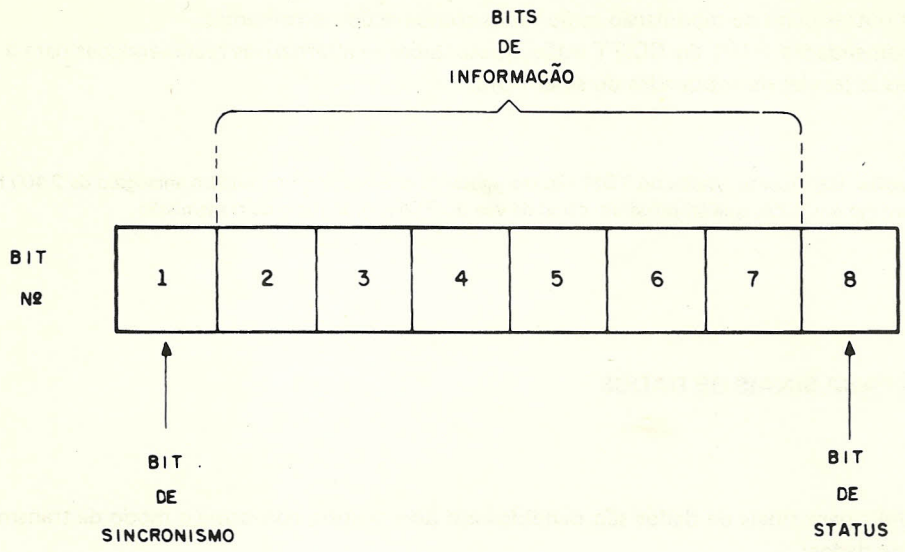


Fig. 10.44 – Envelope de 8 bits.

OBSERVAÇÃO: O chamado bit de status tem a função de identificação e controle do envelope na estrutura do sinal TDM.

A adição do bit de sincronismo de quadro e do bit de status, resulta num aumento de 33% na taxa de sinalização binária relativa ao sinal de dados de cada canal. Deste modo, para as taxas de sinalização padronizadas para os sinais de dados, após a formação dos envelopes de 8 bits, teremos as taxas de sinalização binária da tabela da Fig. 10.45, para compor os sinais TDM de 64 kbits/s, que nos fornecerão as capacidades máximas de canais.

Taxa de Sinalização Binária, do Sinal de Dados, por Canal (kbits/s)	*Taxa de Sinalização Binária após a Formação dos Envelopes*	*Número Máximo de Canais Multiplex*
9,6	12,8	5
4,8	6,4	10
2,4	3,2	20
0,6	0,8	80

Fig. 10.45 – Tabela de capacidade de canais no TDM para dados síncronos.

É evidente que poderemos ter canais com diversas taxas de sinalização binária num mesmo sinal TDM de 64 kbits/s, porém deve ser sempre mantida a seguinte relação, quando tivermos uma estrutura com entrelaçamento de envelopes de 8 bits:

$$A \times 12{,}8 + B \times 6{,}4 + C \times 3{,}2 + D \times 0{,}8 = 64$$

onde:

A = nº de canais de 9,6 kbits/s
B = nº de canais de 4,8 kbits/s
C = nº de canais de 2,4 kbits/s
D = nº de canais de 0,6 kbits/s

Por exemplo, poderemos ter um TDM de 64 kbits/s com a seguinte constituição de canais:

A = 1 canal de 9,6 kbits/s
B = 2 canais de 4,8 kbits/s
C = 4 canais de 2,4 kbits/s
D = 32 canais de 0,6 kbtis/s

$$1 \times 12{,}8 + 2 \times 6{,}4 + 4 \times 3{,}2 + 32 \times 0{,}8 = 64$$

A estrutura do sinal TDM será formada de 80 envelopes de 8 bits, o que nos fornecerá os seguintes entrelaçamento de envelopes relativos a cada canal, conforme a taxa de sinalização binária do mesmo:

– Para cada canal de 0,6 kbits/s teremos um envelope de 8 bits repetido a cada 80 envelopes.
– Para cada canal de 2,4 kbits/s teremos um envelope de 8 bits repetido a cada 20 envelopes.
– Para cada canal de 4,8 kbits/s teremos um envelope de 8 bits repetido a cada 10 envelopes.
– Para cada canal de 9,6 kbits/s teremos um envelope de 8 bits repetido a cada 5 envelopes.

b) Entrelaçamento de bits

Para este tipo de entrelaçamento, o CCITT não especifica ainda como deve ser a estrutura do sinal. Assim, sendo, cada fabricante utiliza uma solução particular, cabendo a cada administração a análise dos parâmetros de tais equipamentos, quando da sua aquisição.

10.7 – TDM ESTATÍSTICO

Até agora tratamos de sistemas TDM em que, na estrutura do sinal, pressupomos uma correspondência rígida de canais às janelas, isto é, cada canal estava sempre locado à mesma janela na estrutura do sinal TDM.

Nestes sistemas, quando um canal estiver inativo, teremos ausência de sinal na janela correspondente. Se a ocupação de todos os canais for baixa, o rendimento de utilização do sistema também o será.

A fim de melhorar o rendimento para estes sistemas de baixa taxa de ocupação, pode ser utilizado um esquema de locação de canais às janelas, chamado estatístico ou probabilístico. Neste esquema, faz-se inicialmente um estudo estatístico da ocupação dos canais ao longo do tempo e, baseado nos resultados, é determinado um número de janelas, menor que o número de canais, suficiente para atender a demanda de ocupação. Enquanto um canal estiver ativo, será locada uma janela para

o mesmo. Cessando a atividade, a janela fica livre para ser locada a outro canal que entra em atividade.

Evidentemente, o esquema estatístico exige que o receptor seja informado continuamente da posição de cada canal ativo em relação às janelas, já que a configuração varia dinamicamente e deve existir um perfeito sincronismo entre o transmissor e receptor.

Atualmente, o equipamento TDM estatístico ainda está em desenvolvimento ou em fase experimental. Entretanto, já existe em operação comercial um equipamento chamado TASI ("Time Assigment Speech Interpolation" – Interpolação de Voz por Indicação de Tempo), que se assemelha a um TDM estatístico.

Na verdade, o TASI é mais um concentrador do que propriamente um TDM, pois permite que os sinais de voz de N canais sejam transmitidos por n canais que vão compor um FDM, sendo $n < N$.

As principais diferenças do TASI, com relação aos equipamentos de multiplexação no tempo vistos até agora, são:

— Os canais de voz são locados a canais do FDM, ao invés de janelas abertas num único meio de transmissão.

— Durante o período de tempo em que houver presença de sinal de voz num canal, este permanecerá ligado ao canal do FDM, ao contrário do TDM onde a janela aberta para cada canal tem um determinado período de tempo.

— Durante uma conversação, um canal de voz poderá ser locado, ao longo do tempo, à diversos canais do FDM pois, a cada interrupção do sinal de Voz, quer seja um período de escuta, quer seja uma pausa entre sons ou palavras, o canal de voz é desconectado da sua locação original e, ao aparecer o sinal de voz novamente, a conexão pode ser feita à um outro canal do FDM, diferente do original.

No TDM não estatístico, cada canal de voz está sempre locado à mesma janela.

Como vimos no Item 8.7, num sistema para transmissão de sinais de voz, raramente todos os canais estarão transmitindo sinais ao mesmo tempo: alguns canais estarão ociosos (vagos), significando que eles estarão a disposição de um usuário para a conexão de uma chamada; outros canais estarão ocupados, porém não teremos sinal presente (pausa entre palavras ou período de escuta). Devido a isto, para um sistema com grande número de canais de voz, teremos somente 1/4 a 1/3 de canais ativos ao mesmo tempo (fator de atividade). Para o TASI foi escolhido uma relação de 1:3, isto é, um número de canais do FDM três vezes menor que o número de canais de voz. Por exemplo, no sistema TASI da Fig. 10.46, para 90 canais de voz temos 30 canais FDM mais um canal para transmissão do sincronismo entre transmissor e receptor. Nesta figura temos a direção de transmissão $A \rightarrow B$, sendo análoga a outra direção.

O transmissor do TASI é, basicamente, constituído de três partes:

— Detectores de nível para cada canal de voz, que informam a presença de sinais nestes canais.

— Unidade lógica de locação dos canais de voz que, ao receberem a informação de presença de sinal num canal de voz, locam um canal do FDM vago para a transmissão deste sinal, durante o período em que houver a presença do mesmo.

— Unidade de sincronismo que, através de um canal do FDM, informa continuamente ao receptor a condição de locação dos canais de voz às janelas.

O receptor TASI é constituído por uma unidade lógica de locação dos canais de voz que, comandada pelos sinais de sincronismo, acompanha a configuração de locação do transmissor.

O TASI é um equipamento que tem grande aplicação nos cabos submarinos.

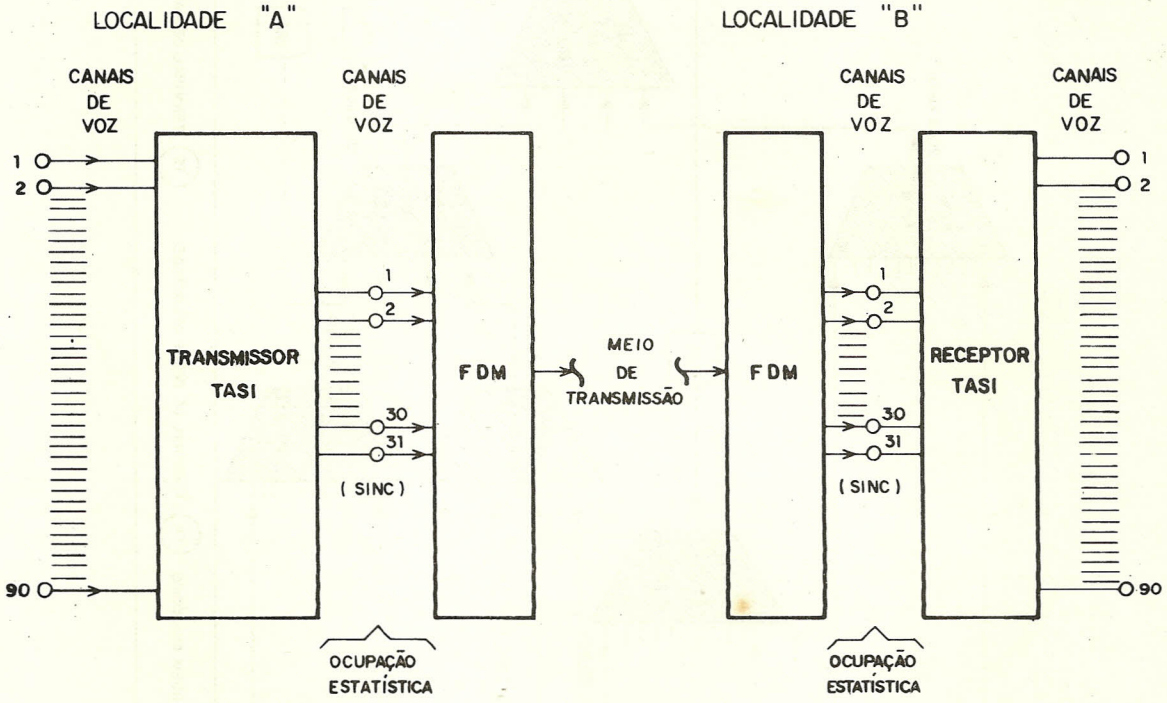


Fig. 10.46 – TASI.

10.8 – SISTEMA DE TRANSMISSÃO DIGITAL

A partir dos diversos TDM's apresentados neste capítulo, é possível compor sistemas de transmissão digital que englobem, praticamente, todos os serviços de telecomunicações, a semelhança daquele sistema FDM visto no Item 2.6.

A Fig. 10.47 apresenta um exemplo de um sistema de transmissão digital que atende a assinantes de telefonia, telex e transmissão de dados.

Esta figura indica claramente a função de concentrador dos TDM's, a fim de utilizar de maneira mais eficiente os meios de transmissão de alta capacidade.

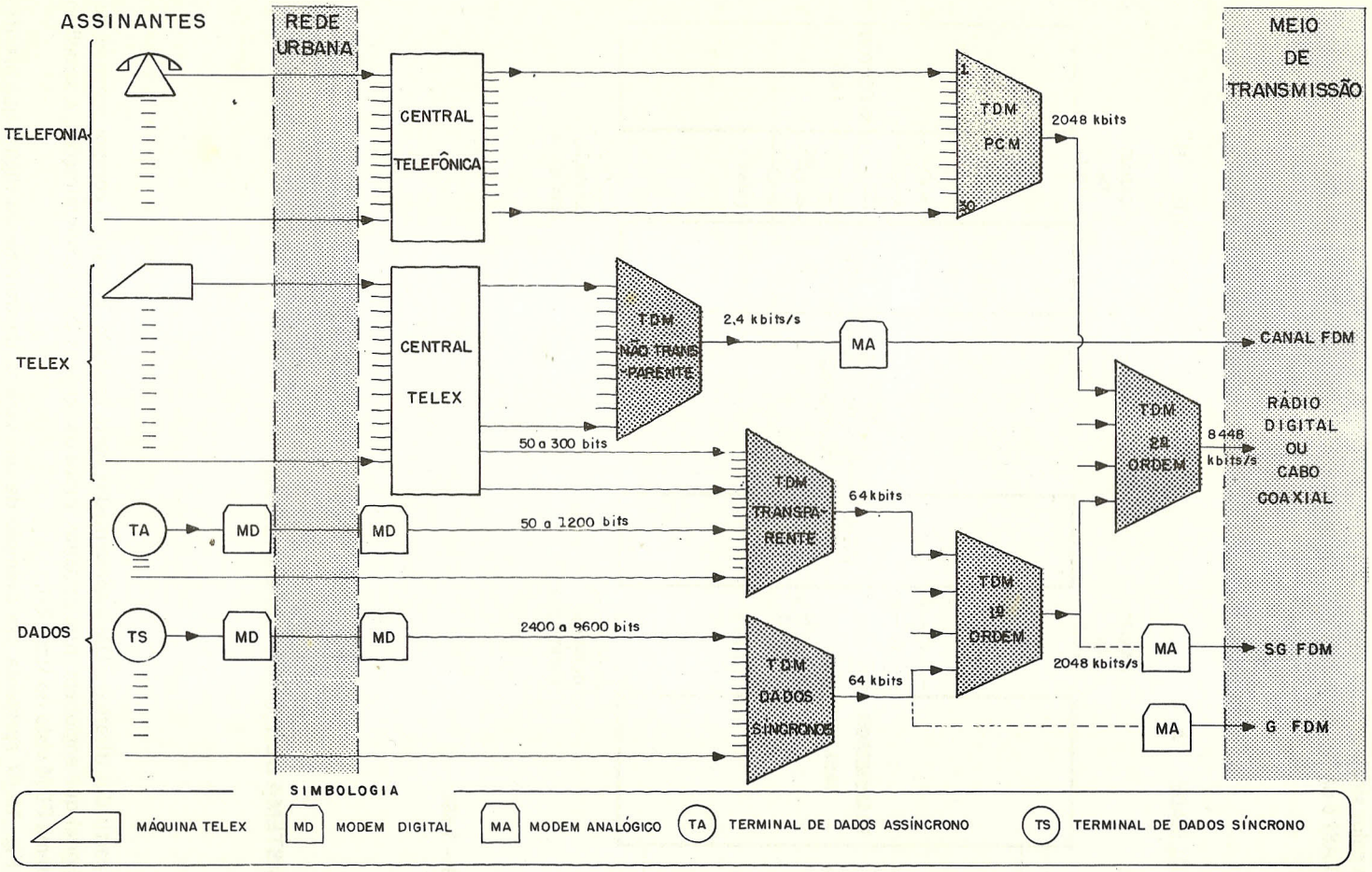


Fig. 10.47 – Sistema de transmissão digital.

10.8.1 – Serviço de Telefonia

Neste serviço, quando se utiliza a técnica TDM, os sinais de voz provenientes dos telefones dos assinantes, através das Centrais Telefônicas, são devidamente concentrados por um TDM-PCM de 30 canais, cujo sinal de 2048 kbits/s é um dos tributários de um TDM de 2ª ordem (Hierarquia Européia). O meio de transmissão empregado por este TDM de 2ª ordem pode ser um radio-digital ou um cabo coaxial.

10.8.2 – Serviço de Telex

Neste serviço, uma parte dos sinais telegráficos (50 a 300 bits/s) dos teleimpressores dos assinantes, através da Central Telex, é concentrada por um TDM não transparente, cujo sinal de 2,4 kbits/s é convertido em sinais senoidais por um modem analógico, a fim de utilizar um canal do FDM como meio de transmissão.

A outra parte dos sinais telegráficos é concentrada por um TDM transparente, que também é empregado pelo serviço de transmissão de dados e que será explicado no próximo item. O sinal de 64 kbits/s obtido à saída do TDM transparente, serve como tributário de um TDM de 1ª ordem (Hierarquia Européia), que por sua vez é um dos tributários do TDM de 2ª ordem citado em 10.8.1.

Entretanto, existe uma alternativa para a transmissão do sinal do TDM de 1ª ordem (2048 kbits/s). Este sinal pode ser convertido em sinais senoidais por um modem analógico, permitindo que se empregue um supergrupo básico do FDM como meio de transmissão.

10.8.3 – Serviço de Transmissão de Dados Assíncronos

Neste serviço, os sinais provenientes dos terminais de dados assíncronos (50 a 300 bits/s), são concentrados pelo mesmo TDM transparente citado no Item 10.8.2.

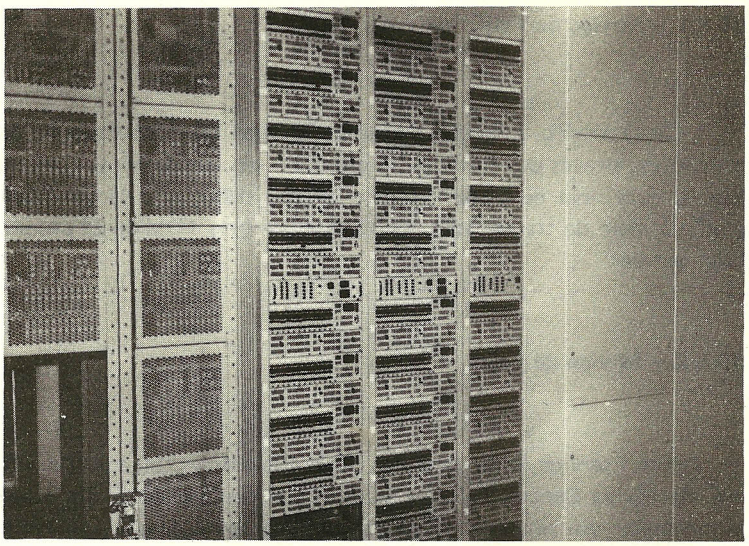
10.8.4 – Serviço de Transmissão de Dados Síncronos

Neste serviço, os sinais originados nos terminais de dados síncronos (2400 a 9600 bits/s) são concentrados por um TDM para dados, cuja saída de 64 kbits/s serve de tributário do TDM de 1ª ordem citado em 10.8.2.

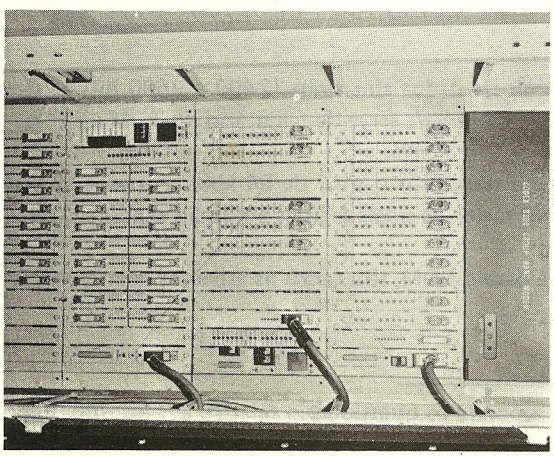
Entretanto, existe também uma alternativa para transmitir o sinal de 64 kbits/s através de um grupo básico do FDM. Para este fim é necessário converter os sinais digitais em sinais senoidais, através de um modem analógico.

Como podemos ver, o TDM é uma alternativa para o FDM, sob todos os aspectos, e atualmente se encontra em franco desenvolvimento.

Para verificar os conhecimentos adquiridos, responda ao questionário relativo aos assuntos aqui abordados, existente no final do volume.



Bastidores de TDM-PCM, tendo cada um a capacidade para transmissão de 240 canais telefônicos (Telerj Rio de Janeiro).



TDM utilizado para transmissão de dados num grupo básico do multiplex telefônico (Embratel – Rio de Janeiro).

11

Organismos Nacionais e Internacionais em Telecomunicações

11.1 – INTRODUÇÃO

Cada vez mais os usuários clamam por ampliação e integração das comunicações, bem como por qualidade e, até certo ponto, por versatilidade dos serviços.

Em conseqüência, podemos observar uma contínua expansão da telefonia, telegrafia, televisão e, modernamente, a comunicação de dados, estruturando-se em termos de redes e usando freqüentemente a mesma infra-estrutura comum, com equipamentos cada vez mais confiáveis e de melhor desempenho e, em certa extensão, mais sofisticados.

Esta evolução, sobretudo no aspecto da integração das comunicações, trouxe, para aqueles responsáveis pelo fornecimento e operacionalização das facilidades, a necessidade de se criarem políticas integradas de expansão, regulamentos de prestação de serviço e especificações rigorosas de desempenho dos equipamentos e das facilidades instaladas, visando, até onde possível, a padronização para uso geral.

É, portanto, natural que hajam organismos nacionais e internacionais supervisionando e normalizando o trabalho em telecomunicações.

A lógica geral de atuação destes organismos não é muito difundida e freqüentemente passam despercebidas aos técnicos, obrigados a um serviço cotidiano com visão restrita a apenas um certo grupo de atividades, para as quais normalmente recebem instruções rígidas, que já foram preparadas, consolidando e compatibilizando as recomendações emitidas por estes organismos, de acordo com as necessidades locais de trabalho.

O presente capítulo pretende cobrir esta lacuna, através da descrição dos principais organismos nacionais e internacionais, mostrando, após um breve histórico de sua formação, a sua organização, seu objetivo e sua área de atuação.

11.2 – ORGANISMOS INTERNACIONAIS

11.2.1 – UIT (Union Internationale des Télécommunications = União Internacional de Telecomunicações)

a) Origens da UIT

A necessidade das comunicações é tão velha quanto a sociedade, mas a realização em caráter prático, econômico e eficiente das comunicações a longa distância é bastante recente, tendo aguardado o desenvolvimento da tecnologia da eletricidade e do magnetismo o que ocorreu no século XIX.

Em 1848 o serviço telegráfico foi posto à disposição do público e o interesse despertado pelo novo invento deu origem, logo no ano seguinte, ao primeiro acordo internacional, responsável pela determinação de diretrizes de relacionamento comercial e entrosamento técnico e operacional, em nível internacional. Logo outros acordos se seguiram, surgindo os primeiros organismos internacionais para administrar a execução dos acordos já celebrados e providenciar a celebração de novos acordos.

A proliferação dos acordos e dos organismos internacionais levou à conclusão da necessidade de se fundirem os organismos em um só, com maior nível de atuação e de se buscar a implantação de uma padronização mais rígida e uniforme. Em 1865 foi assinado o 1º Convênio Telegráfico Internacional, do qual surgiu a União Telegráfica Internacional, embrião da atual UIT. A sede deste órgão fixou-se desde 1868 em Berna (Suíça), onde funcionou, até que na Conferência de Atlantic City (Estados Unidos), em 1947, decidiu-se a filiação da União às Nações Unidas e a transferência de sua sede para Genebra (Suíça).

Com o surgimento da telefonia em 1876, os estudos da padronização de sua operação foram absorvidos pela União. Por extensão, também a União se encarregou dos estudos relativos às radiocomunicações, que se tornaram efetivos desde os primeiros anos do século XX, em 1906 tendo se realizado a 1ª Conferência Mundial de Radiocomunicações. Tornou-se aos poucos clara a impropriedade da denominação da União frente aos seus encargos e, na Conferência de Madrid (Espanha) em 1932, foi decidido mudar o nome da organização para o atual, União Internacional de Telecomunicações.

b) Organização da UIT

A UIT é o mais importante dos organismos internacionais e, praticamente, todos os países do mundo estão hoje afiliados à mesma. Em inícios de 1978 contava com 154 países membros. São países membros aqueles signatários da Convenção de Montreaux (Suíça) de 1965 (entre os quais se inclui o Brasil) e qualquer outro Estado que venha a aderir a esta Convenção, sendo que se o país em questão já for filiado à ONU a admissão é imediata e, se não o for, fica condicionada à aprovação por 2/3 dos membros já existentes.

A UIT compõe-se de 3 órgãos principais, de caráter temporário, e de 4 órgãos secundários, de caráter permanente. São de caráter temporário a Conferência de Plenipotenciários, as Conferências Administrativas e o Conselho de Administração. São de caráter permanente a Secretaria Geral, a Junta Internacional de Registro de Freqüências, o Comitê Consultivo Internacional de Radiocomunicações e o Comitê Consultivo Internacional Telegráfico e Telefônico.

O mecanismo de funcionamento da UIT será explicado a seguir, com o auxílio da Fig. 11.1.

Os países membros da UIT se reúnem mais ou menos em intervalos de 6 anos, por ocasião de uma Conferência de Plenipotenciários, que funciona como órgão supremo da União, no sentido de que é responsável pela determinação dos princípios da política Geral da União, expressos na Convenção, espécie de Carta Magna para a União. Nestas Conferências de Plenipotenciários se faz a análise das atividades da União desde a última conferência, realizando-se a revisão da Convenção, se julgado necessário. Também nestas conferências se aprova o orçamento financeiro da União para o próximo exercício, se elegem os 29 membros que comporão o Conselho de Administração, o Secretário Geral e o Vice-Secretário Geral.

O Conselho de Administração se reúne normalmente todos os anos, durante cerca de um mês, agindo então em nome da Conferência de Plenipotenciários, controlando o funcionamento administrativo e financeiro da União e supervisionando e coordenando as atividades dos quatro órgãos permanentes da Sede da UIT.

Estes órgãos permanentes são:

— a Secretaria Geral — encarregada da administração financeira e da divulgação da documentação regulatória e informativa gerada no âmbito da UIT;

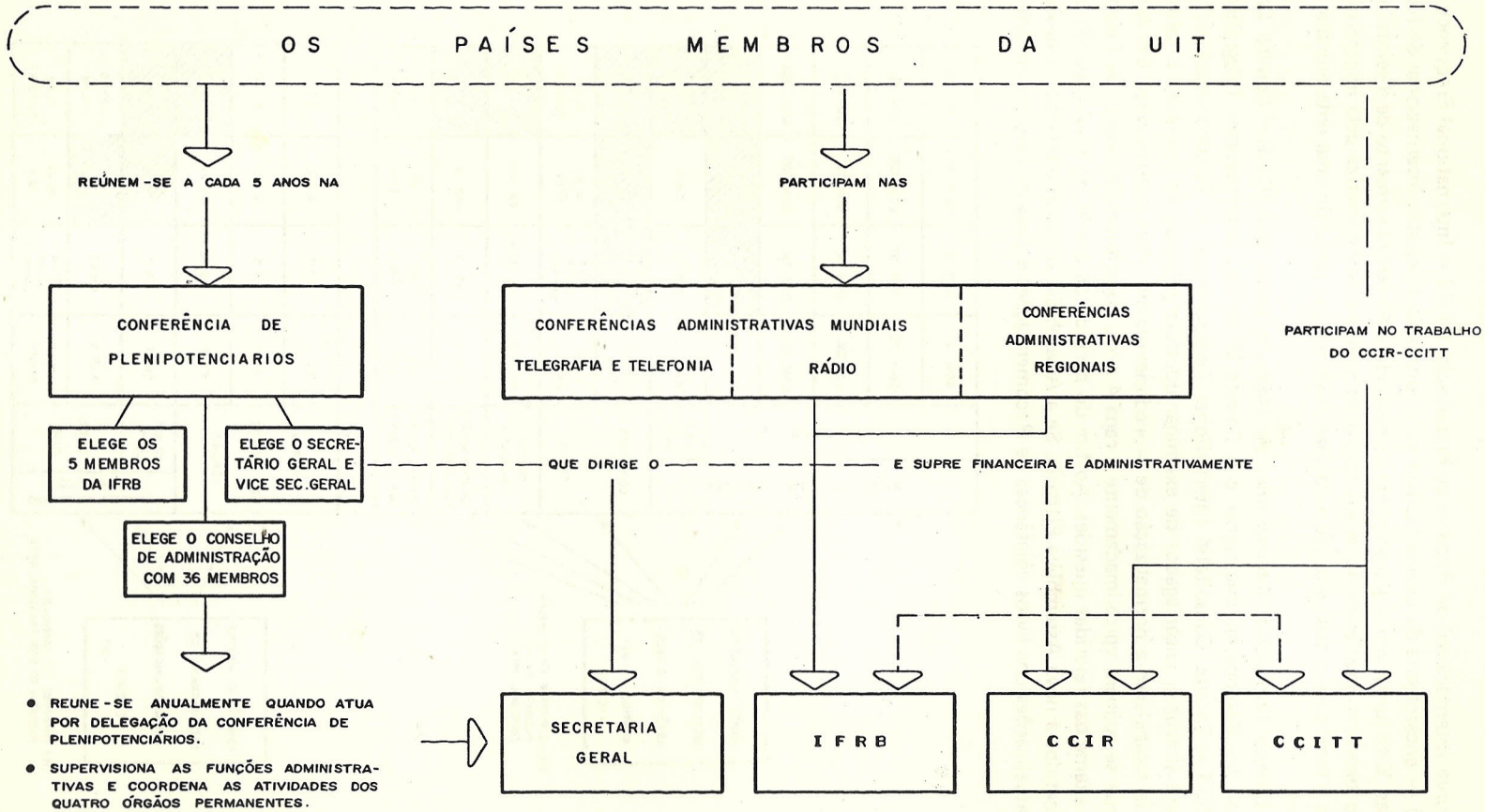


Fig. 11.1 – Organização e fluxo de atividades da UIT.

– a Junta Internacional de Registro de Freqüências (IFRB = International Frequency Registration Board) – encarregada do exame técnico para concessão e registro internacional de freqüências radioelétricas. Esta junta tem ainda a função de mediadora no reconhecimento de direitos internacionais quando ocorrem interferências. A sua forma de trabalho se caracteriza pela imparcialidade dos julgamentos e tem, para o bom exercício de suas atividades, o apoio de uma rede mundial de radiomonitoragem;

– O Comitê Consultivo Internacional de Radiocomunicações (CCIR = Comité Consultatif International des Radiocommunications) e o Comitê Consultivo Internacional Telegráfico e Telefônico (CCITT = Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique) – órgãos de características similares, encarregados de examinar questões técnicas, de operação e tarifas, com a finalidade de estabelecer a normalização de procedimentos em nível internacional. Em Assembléias Plenárias, que se reúnem aproximadamente a cada 4 anos, constituem Comissões de Estudo, encarregadas do exame das referidas questões. Ao fim do período de gestão, os resultados são consolidados e submetidos à nova Assembléia Plenária. Se a Assembléia aceita as alterações, elas são divulgadas como atualizações dos livros coletâneas de Recomendações e passam a vigorar em âmbito mundial.

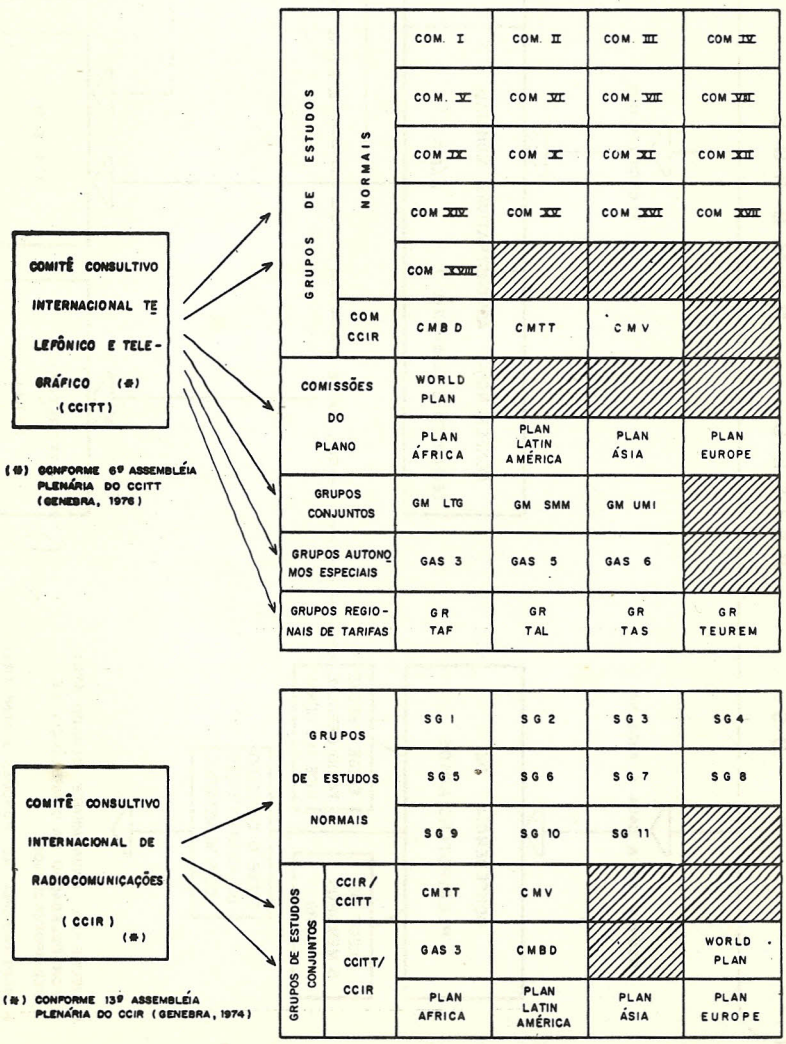


Fig. 11.2 – Comissões de estudo do CCITT e do CCIR.

As relações das Comissões de Estudo do CCITT e do CCIR estão apresentadas na Fig. 11.2. Cumpre notar que tais comissões têm um caráter dinâmico, sendo revistas a cada Assembléia Plenária, que pode criar novas comissões, ou desativar comissões já existentes. Por outro lado, uma comissão pode se organizar em subcomissões internas.

A Tab. 11.1 complementa a Fig. 11.2 apresentando, em correspondência a cada sigla de comissão apresentada na Fig. 11.2, o assunto tratado. Para facilitar a consulta, as siglas foram dispostas em ordem alfabética.

Tabela 11.1
Comissões de Estudo do CCITT e do CCIR

Sigla	*Assunto Tratado*
CMBD (1)	Disponibilidade e ruído de circuitos
CMTT (2)	Transmissão de televisão e som
CMV (2)	Definições e símbolos
COM I	Operação telegráfica e qualidade de serviço
COM II	Operação telefônica e qualidade de serviço
COM III	Princípios gerais de tarifação
COM IV	Manutenção em transmissão por linhas, circuitos e cadeias de circuitos internacionais; manutenção de redes automáticas e semi-automáticas
COM V	Proteção contra perigos e interferências de origem eletromagnética
COM VI	Proteção e especificações de revestimentos de cabos e postes
COM VII	Novas redes para transmissão de dados
COM VIII	Equipamentos telegráficos e terminais, linhas de conexão local
COM IX	Qualidade de transmissão telegráfica; especificação de equipamento e regras para manutenção de canais telegráficos
COM X	Comutação telegráfica
COM XI	Sinalização e comutação telefônica
COM XII	Desempenho de transmissão telefônica e redes telefônicas locais
COM XIV	Equipamento e transmissão de telegrafia facsimilada

SIGLA	*ASSUNTO TRATADO*
COM XV	Sistemas de transmissão
COM XVI	Circuitos telefônicos
COM XVII	Transmissão de dados
COM XVIII	Redes digitais
GAS 3	Comparação econômica e técnica de sistemas de transmissão
GAS 5	Condições econômicas e o desenvolvimento das telecomunicações
GAS 6	Aspectos técnicos e econômicos da seleção de sistemas de comutação
GM LTG (3)	Uso de linhas telefônicas para outros propósitos além da telefonia
GM SMM (4)	Serviço Móvel Marítimo
GM UMI (5)	Unidade Monetária Internacional
GR TAF (6)	Tarifas para a África
GR TAL (6)	Tarifas para a América Latina
GR TAS (6)	Tarifas para a Ásia
GR TEUREM (6)	Tarifas para a Europa e Bacia Mediterrânea
PLAN ÁFRICA (1)	Plano Africano de Telecomunicações
PLAN ÁSIA (1)	Plano Asiático de Telecomunicações
PLAN EUROPE (1)	Plano Europeu de Telecomunicações
PLAN LATIN AMERICA (1)	Plano Latino-Americano de Telecomunicações
SG 1	Utilização do espectro; monitoração
SG 2	Serviços de pesquisa espacial e radioastronomia
SG 3	Serviços fixos em freqüências abaixo de 30MHz
SG 4	Serviços fixos usando satélites
SG 5	Propagação em meios não ionizados
SG 6	Propagação ionosférica
SG 7	Serviços de padrões de freqüência e sinais horários
SG 8	Serviços móveis

Sigla	*Assunto Tratado*
SG 9	Serviço fixo usando sistema de repetidoras rádio
SG 10	Serviço de radiodifusão
SG 11	Serviço de teledifusão
WORLD PLAN [1]	Plano Mundial de Telecomunicações

NOTAS: 1 – Gerência do CCITT
2 – Gerência do CCIR
3 – Gerência da COM XV
4 – Gerência da COM I
5 – Gerência da COM III
6 – Especializado, na COM III

Além das conferências de Plenipotenciários, os membros da UIT se reúnem em Conferências Administrativas que podem ser de duas modalidades: Conferências Administrativas Mundiais e Conferências Administrativas Regionais. As Conferências Administrativas Mundiais são as mais importantes, nelas podendo ser decididas revisões nos Regulamentos Administrativos (Regulamento Telegráfico, Regulamento Telefônico, Regulamento das Radiocomunicações, Regulamento Adicional das Radiocomunicações). É ainda nas Conferências Administrativas Mundiais de Radiocomunicações que se decidem as grandes diretrizes do trabalho a ser executado pelo IFRB, bem como eleitos seus 5 membros. As Conferências Administrativas Regionais tratam apenas de questões regionais e devem enquadrar suas resoluções rigorosamente dentro dos Regulamentos Administrativos.

c) Principais documentos da UIT

No trabalho cotidiano da operação em telecomunicações, diversas vezes têm de ser feitas consultas a documentos da UIT. Tais documentos são [1]:

– Regulamentos.

A Convenção regula as relações entre os países que constituem a União (países membros), esclarecendo seus deveres e seus direitos, assim como determina a estrutura e organização da União. Além disso, em linhas gerais, define as regras de regulamentação e execução dos serviços de telecomunicações.

As disposições da Convenção são complementadas em cada modalidade geral de serviço por Regulamentos Administrativos. São quatro estes regulamentos: o Regulamento Telegráfico, o Regulamento Telefônico, o Regulamento das Radiocomunicações e o Regulamento Adicional das Radiocomunicações.

Estes Regulamentos são o encargo mais importante das Conferências Administrativas.

[1] Cumpre notar que todos os documentos são sujeitos a revisões periódicas e reemissões. A Secretaria Geral os imprime e distribui, mas o conteúdo é renovado pelos órgãos especializados correspondentes.

Cada um destes Regulamentos trata do assunto pertinente à sua denominação. O Regulamento das Radiocomunicações abrange as diversas modalidades de comunicações via rádio e o Regulamento Adicional se refere especialmente a radiogramas, serviços especiais e outros assuntos gerais.

– Lista Internacional de Freqüências.

A preparação, revisão e atualização constantes deste documento é o encargo mais importante do IFRB.

As regras de alocação do espectro de radiofreqüências dos diversos tipos de serviços são descritas pelo Regulamento Rádio. A Lista Internacional de Freqüências é compilada e atualizada em conformidade com as disposições do Regulamento Rádio. Consiste em tabelas descritivas das principais características das emissões autorizadas. As tabelas são divididas, de acordo com a faixa de freqüência considerada, em quatro volumes:

- volume I – abrangendo os registros na faixa entre 10 kHz e 4995 kHz;
- volume II – abrangendo os registros na faixa entre 4995 kHz e 9 995 kHz;
- volume III – abrangendo os registros na faixa entre 9995 kHz e 28000 kHz;
- volume IV – abrangendo os registros na faixa entre 28 MHz e 40000 MHz, sendo este último subdividido em 4 partes, para facilitar a consulta.

Nestas listas, tanto constam as novas inscrições e modificações nas inscrições que já figuravam em emissões anteriores, quanto as antigas inscrições que foram anuladas.

As listas constam fundamentalmente das seguintes características para cada inscrição:

- valor da freqüência;
- data da inscrição;
- características do emissor – localização, coordenadas, potência e indicativo de transmissão (prefixo);
- características do receptor – área ou localização do receptor;
- detalhes do serviço – horário, classe de emissão;
- administração ou companhia responsável frente ao IFRB.

Toda freqüência radioelétrica, cujo uso seja passível de ofender interesses de terceiros, deve ser objeto de um registro. Há duas etapas de registro: o registro nacional, no Brasil feito pelo DENTEL, e o registro internacional, feito pelo IFRB.

Um novo registro só é concedido se uma análise pelo órgão competente demonstrar que não deve causar interferência em serviços já registrados. Devido ao fato de que uma determinada irradiação só é intensa em certas áreas de recepção, é possível se permitir o uso compartilhado de certas freqüências entre vários usuários.

Quando um usuário tem o seu enlace perturbado por interferência ou espúrio de outras emissões, tem o direito de reclamar ao IFRB. De preferência, a reclamação deve ser feita anexando-se dados comprobatórios da interferência (gravações em fita ou páginas impressas) e, se possível, de identificação da fonte interferente (prefixo da estação ou algo equivalente). O IFRB intervirá junto à Administração responsável pela fonte interferente. Quando há dificuldade de identificação da fonte interferente, a Rede Mundial de Radiomonitoragem é chamada a colaborar.

Quando as duas fontes (prejudicada e interferente) são ambas registradas, o direito de antigüidade de registro na Lista Internacional de Freqüências prevalece. Quando uma das fontes não tem seu registro completado, não possui direito algum; no caso da fonte ser clandestina, além de não ter direito, é ainda passível de penalidade.

– Livros do CCITT e do CCIR

As mais importantes publicações do CCITT e do CCIR são os chamados Livros, que consolidam as Recomendações preparadas pelas Comissões de Estudo e aprovadas pela Assembléia Plenária. Estes Livros estão organizados em volumes, como mostram as Tabs. 11.II e 11.III.

Tabela 11.II

Volumes dos Livros do CCITT (1976)

NÚMERO	*ASSUNTOS TRATADOS* (1)
Volume I	Minuta e relatórios de Assembléia Plenária
Volume II.1	Princípios tarifários gerais. Aluguel de circuitos (serviço privado)
Volume II.2	Operação telefônica, qualidade de serviços e tarifas
Volume II.3	Operação e tarifação telegráfica
Volume III (2)	Transmissão em meios (linhas, cabos, via rádio)
Volume IV.1	Manutenção em meios e medições
Volume IV.2	Especificações de equipamentos de medição
Volume V	Qualidade de transmissão telefônica e equipamentos telefônicos
Volume VI.1	Recomendações gerais relativas a comutação e sinalização telefônica
Volume VI.2	Sistema de sinalização R6
Volume VI.3	Sistemas de sinalização R1 e R2
Volume VI.4	Linguagem de programação para centrais CPA
Volume VII	Técnica telegráfica
Volume VIII.1	Transmissão de dados sobre a rede telefônica
Volume VIII.2	Redes públicas de dados
Volume IX	Proteção

NOTA 1 — Cada volume contém ainda, para o seu campo de aplicação e onde necessário:
— definição de termos específicos usados
— suplementos para fins de informação e documentação

NOTA 2 — O volume III, por sua extensão, foi dividido, por ocasião de sua edição em 3 partes. O volume III.1 trata das características gerais para conexões e circuitos telefônicos internacionais e das características de sistemas de transmissão analógicos. O volume III.2 trata das características dos sistemas de transmissão digital e de transmissão de sinais não-telefônicos. O volume III.3 trata de suplementos às recomendações dos volumes anteriores.

Tabela 11.III

Volumes dos Livros do CCIR (1974)

Número	*Assuntos Tratados*
Volume I	Utilização do espectro e monitoração
Volume II	Pesquisa espacial e radioastronomia
Volume III	Serviço fixo em freqüências abaixo de 30MHz
Volume IV	Serviço fixo usando satélites
Volume V	Propagação em meios não-ionizados
Volume VI	Propagação ionosférica
Volume VII	Serviços de freqüência padrão e sinal horário
Volume VIII	Serviços móveis
Volume IX	Serviços fixos usando sistemas de repetidora rádio. Coordenação e compartilhamento de freqüências entre sistemas no serviço satélite e sistemas de repetidoras rádio
Volume X	Serviço de radiodifusão, incluindo registros de áudio e aplicações com satélites
Volume XI	Serviço de teledifusão, incluindo registros de vídeo e aplicações com satélites
Volume XII	Transmissão de radiodifusão e de sinais de televisão através de longas distâncias. Vocabulário
Volume XIII	Informação a respeito de Assembléia Plenária. Estrutura do CCIR. Lista completa dos textos do CCIR.

De um modo geral os Volumes são organizados de acordo com os particulares assuntos cobertos em cada um:

- as Recomendações;
- as Questões em Estudo;
- Suplementos, englobando contribuições ou excertos de contribuições consideradas como subsídios úteis aos assuntos abordados.

Constituem exceção o Volume I do CCITT e o Volume XIII do CCIR que têm uma outra organização:

- Opiniões e Resoluções (da Assembléia Plenária);
- Prestação de conta das Comissões e Grupos de Trabalho do exercício passado, incluindo relação de documentos gerados;
- Recomendações e Questões sobre assuntos especiais (organização e modo de trabalho do Comitê, meios de expressão etc.).

As recomendações do CCITT e do CCIR têm uma grande influência nos meios científicos e técnicos das telecomunicações, nas Administrações e nas Empresas de operação privada. Da mesma forma, os fabricantes de material e de equipamentos do mundo inteiro lhe atribuem uma grande importância. Elas servem de orientação para os projetos de sistemas e de equipamentos, estabelecendo critérios sobre medições e análises de desempenho dos mesmos.

Todas as Recomendações do CCITT e do CCIR são numeradas e referidas pelo seu número nas citações correntes. As Recomendações do CCITT são, além disso, classificadas em séries, de acordo com o assunto ao qual se refiram. As séries são denotadas por prefixos literais. A Tab. 11.IV apresenta a relação das séries em vigor, com os correspondentes prefixos literais e a indicação do volume onde podem ser encontradas.

Tabela 11.IV

Séries das Recomendações do CCITT

Prefixo Literal	*Assunto da Série*	*Volume onde Aparecem*
A	Organização do trabalho do CCITT	Volume I
B	Meios de expressão (definições, vocabulários, símbolos, classificação)	Volume I
C	Estatísticas gerais em telecomunicações	Volume I
D	Aluguel de circuitos internacionais de telecomunicações	Volume II.1
E	Operação e tarifação telefônica	Volume II.2
F	Operação e tarifação telegráfica	Volume II.3
G	Transmissão: linhas, sistemas de repetidoras rádio, circuitos radiotelefônicos	Volume III
H	Utilização de linhas para telegrafia e fototelegrafia	Volume III
J	Transmissão de programas de rádio e televisão	Volume III
K	Proteção contra interferência	Volume IX
L	Proteção contra corrosão	Volume IX
M	Manutenção de circuitos telefônicos e sistemas de portadoras	Volume IV.1
N	Manutenção para a transmissão de programas de televisão e programas de som	Volume IV.1
O	Especificações para equipamentos de medição	Volume IV.2
P	Qualidade da transmissão telefônica. Instalações telefônicas e redes de linhas locais	Volume V
Q	Comutação e sinalização telefônicas	Volume VI
R	Canais telegráficos	Volume VII
S	Aparelhos de telegrafia alfabética	Volume VII

Prefixo Literal	*Assunto da Série*	*Volume onde Aparecem*
T	Aparelhos de telegrafia fac-similada (fac-símile)	Volume VII
U	Comutação telegráfica	Volume VII
V	Transmissão de dados	Volume VIII
X	Novas redes de dados	Volume VIII
Z	Linguagens de programação para centrais CPA	Volume VI.4

Outras Publicações do CCITT e do CCIR

Além dos Livros, o CCITT e o CCIR também preparam outras publicações, que são editadas e reeditadas quando necessário, independentes dos Volumes dos Livros. Entre elas podemos citar:

a) publicações de caráter instrutivo

— planos gerais para o desenvolvimento de rede internacional
— manual de redes locais
— manual de redes nacionais automáticas
— diretrizes sobre proteção contra os efeitos das linhas de forças
— recomendações contra corrosão
— manual de proteção do equipamento de telecomunicações contra descargas atmosféricas
— manual de estudos econômicos de telecomunicações
— manual para estações de monitoração
— manual do plano de transmissão para redes telefônicas comutadas
— manual de aspectos técnicos e econômicos da seleção de sistemas de transmissão

b) publicações para referências

— lista de definições
— instrução sobre o serviço telefônico internacional
— manual para uso do serviço Móvel Marítimo
— manual de códigos de serviço telegráfico
— manual de diagramas de antenas
— atlas de curvas de propagação para ondas terrestres
— relatório sobre condições de ruído para comunicações via HF
— relatório sobre curvas de propagação para comunicações via HF

11.2.2 — INTELSAT (International Telecommunication Satellite Organization)

a) Origem do INTELSAT

Desde os fins da Segunda Guerra Mundial os sistemas de alta capacidade se desenvolveram rapidamente, permitindo o estabelecimento de uma extensa rede de comunicações interurbanas, o que garantia um bom serviço em âmbito continental.

No entanto, em âmbito intercontinental, por longo tempo as deficiências de meios de comunicação perduravam. É verdade que desde a década de 1930 ligações intercontinentais por radiotelegrafia ou radiotelefonia se faziam por meio de sistemas HF, usando o princípio da reflexão ionosférica. No entanto, este meio de comunicação era de capacidade inerentemente baixa (apenas 4 canais de voz no máximo podiam ser usados com a mesma portadora) e o espectro de radiofreqüências estava, já na década de 1950, bastante congestionado. Este fato, associado ao crescente ruído industrial no mundo e mais as próprias características de flutuação estatística no processo da reflexão ionosférica, tornavam a qualidade do serviço, na melhor das hipóteses, apenas razoável. Os cabos submarinos apresentavam condições para um serviço de alta qualidade, mas os problemas tecnológicos da época não permitiam conseguir senão uma pequena largura de faixa, o que permitia montar apenas ligações telegráficas. Somente em 1956 foi lançado o primeiro cabo telefônico submarino transatlântico e, em 1964, o primeiro cabo telefônico submarino transpacífico.

Por outro lado, as ligações terrestres se beneficiavam profundamente da tecnologia das microondas, que se caracterizavam pelo emprego de lances de visada direta e estações repetidoras em intervalos próximos, aproximadamente de 50 em 50km. Era impossível estender esta solução ao problema das transmissões intercontinentais, porquanto as distâncias a cobrir e a natural curvatura da Terra implicariam, no caso de se usar uma única repetidora intermediária, em se fincar no meio do oceano torres de altura desmedida, por volta de 750km. Tão pouco prática seria a idéia de uma rede de torres flutuantes espaçadas de 50km, por causa da rigorosa necessidade de estabilização das mesmas.

O advento da era espacial veio trazer a solução que os técnicos tanto desejavam. O lançamento do primeiro satélite artificial, em 4 de outubro de 1957, mostrou que o homem estava apto a manter no espaço engenhos controlados. Evidentemente, se pensou logo em transformar este satélite artificial no repetidor desejado.

Em 1959, com os projetos COURIER e ECHO, experimentava-se usar o satélite como repetidor passivo. A experiência teve sucesso mas mostrou que não se conseguiria trabalhar com largura de faixa ampla e, pior, que a configuração dos satélites era pouco estável.

A idéia seguinte foi a de se equipar o satélite com equipamentos de comunicações na faixa das microondas, tornando-o um repetidor ativo. As experiências de 1962 com os projetos TELSTAR e RELAY demonstraram a viabilidade e a grande potencialidade deste novo conceito.

No entanto, havia ainda um sério problema. Estes satélites, sendo de baixa altitude, giravam muito rapidamente, dando três vezes a volta ao globo terrestre por dia, o que tinha por conseqüência exigir um complexo sistema de rastreio e acompanhamento. Além disso, em cada passagem o tempo operacional de visada mútua pelas duas estações terrenas era muito curto, se resumindo em cerca de cinco minutos até cerca de duas horas. Por vezes ainda a órbita correspondia a uma condição de impossibilidade de visada mútua.

Por isto, evoluiu-se naturalmente, para o emprego da órbita síncrona. A órbita síncrona é uma órbita quase circular, onde a velocidade angular do satélite é praticamente igual à da Terra. Deste modo, um observador colocado na superfície terrestre vê o satélite como se estivesse fixo em uma certa posição do espaço. Em 1963 os experimentos com o satélite EARLY BIRD mostraram a plena exeqüibilidade da idéia.

Estava inaugurada a era da exploração comercial dos serviços de telecomunicações transcontinentais via satélite. Foi decidida então a criação do INTELSAT.

b) Os acordos diretores do INTELSAT

O INTELSAT é um organismo mundial criado com a finalidade de prover, em bases comerciais, um sistema espacial capaz de estabelecer serviços públicos de telecomunicações internacionais de alta qualidade, via satélite, em bases não discriminatórias e accessível a todas as áreas do mundo. Para

tanto lhe cabe a responsabilidade de projetar, desenvolver, estabelecer, manter e operar o segmento espacial. (1)

As estações de rastreio, telemetria, comando, controle e monitoração podem se situar em diversos países, sendo de propriedade do INTELSAT, porém mantidas e operadas sob contrato pelo país onde estão instaladas.

As estações de comunicações do segmento terrestre são de propriedade dos respectivos países onde se situam, mas devem satisfazer os requisitos técnicos e operacionais definidos pelo INTELSAT.

O Brasil possui estações de ambos os tipos em Tanguá.

Participam desta organização os Estados, diretamente ou através de entidades públicas ou privadas de telecomunicações, devidamente autorizadas.

O INTELSAT (inicialmente designado de International Telecommunications Satellite Consortium) iniciou suas atividades em Washington, DC (Estados Unidos), na data de 20 de agosto de 1964, com 14 membros. Na época foram assinados dois acordos:

– O Acordo Interino, celebrado entre os Governos;

– O Acordo Especial, celebrado entre representantes dos Governos na área de telecomunicações.

Estes acordos estabeleciam um consórcio internacional para financiar e possuir o segmento espacial (consistindo nos satélites e facilidades associadas para garantir sua operação), viabilizando um sistema comercial global de comunicações via satélite. As estações terrenas (segmento terreno) foram definidas como de propriedade e responsabilidade das entidades de telecomunicações dos países onde se localizarem.

A eles seguiu-se um terceiro acordo, assinado em 21 de novembro de 1966 pelos membros do INTELSAT, denominado Acordo de Arbitragem.

Estes acordos definiram as linhas mestras de atuação do INTELSAT e tiveram suas vigências durando até a época do estabelecimento definitivo do INTELSAT.

Durante a fase interina do INTELSAT, o ICSC (Interim Communication Satellite Committee) foi o único órgão que geriu essa entidade. Tiveram assento no ICSC 18 delegados, representando um ou mais países, em decorrência da sua cota conjunta ou única ser maior que 1,5% do investimento total no INTELSAT. É interessante observar que, durante o período interino, o INTELSAT não tinha personalidade jurídica, tendo sido em efeito a primeira entidade internacional criada com fins exclusivamente comerciais. Por outro lado, a cota de 1,5% permaneceu simbólica durante o período, a cota verdadeira tendo sido reduzida a medida que entraram novos membros.

Ainda durante o período provisório (1º de fevereiro de 1963), formou-se o COMSAT (Communications Satellite Corporation), uma empresa americana que foi contratada pelo ICSC para gerenciar o INTELSAT, sob as ordens do ICSC, com responsabilidades do estabelecimento, manutenção, desenvolvimento e operação do segmento espacial, além da supervisão geral administrativa e financeira do INTELSAT.

Em 21 de maio de 1971, após dois anos de discussões preliminares, onde foram ouvidas as opiniões de todos os membros, uma conferência plenipotenciária concluiu dois acordos que criavam de modo definitivo o INTELSAT: o Acordo relativo à Organização Internacional de Telecomunicações por Satélite (INTELSAT), celebrado entre os governos e o Acordo Operacional, celebrado entre representantes dos governos na área de telecomunicações (representantes dos próprios governos ou en-

(1) Neste ponto é importante esclarecer as definições:

– segmento espacial – consiste no conjunto dos satélites e estações de rastreio, telemetria, comando, controle e monitoração, bem como das facilidades relacionadas e o equipamento necessário para garantir a operação destes satélites;

– segmento terrestre – consiste no conjunto das estações terrenas, contendo facilidades de comunicações, bem como o equipamento de interface com as redes já existentes.

tanto lhe cabe a responsabilidade de projetar, desenvolver, estabelecer, manter e operar o segmento espacial. (1)

As estações de rastreio, telemetria, comando, controle e monitoração podem se situar em diversos países, sendo de propriedade do INTELSAT, porém mantidas e operadas sob contrato pelo país onde estão instaladas.

As estações de comunicações do segmento terrestre são de propriedade dos respectivos países onde se situam, mas devem satisfazer os requisitos técnicos e operacionais definidos pelo INTELSAT.

O Brasil possui estações de ambos os tipos em Tanguá.

Participam desta organização os Estados, diretamente ou através de entidades públicas ou privadas de telecomunicações, devidamente autorizadas.

O INTELSAT (inicialmente designado de International Telecommunications Satellite Consortium) iniciou suas atividades em Washington, DC (Estados Unidos), na data de 20 de agosto de 1964, com 14 membros. Na época foram assinados dois acordos:

– O Acordo Interino, celebrado entre os Governos;

– O Acordo Especial, celebrado entre representantes dos Governos na área de telecomunicações.

Estes acordos estabeleciam um consórcio internacional para financiar e possuir o segmento espacial (consistindo nos satélites e facilidades associadas para garantir sua operação), viabilizando um sistema comercial global de comunicações via satélite. As estações terrenas (segmento terreno) foram definidas como de propriedade e responsabilidade das entidades de telecomunicações dos países onde se localizarem.

A eles seguiu-se um terceiro acordo, assinado em 21 de novembro de 1966 pelos membros do INTELSAT, denominado Acordo de Arbitragem.

Estes acordos definiram as linhas mestras de atuação do INTELSAT e tiveram suas vigências durando até a época do estabelecimento definitivo do INTELSAT.

Durante a fase interina do INTELSAT, o ICSC (Interim Communication Satellite Committee) foi o único órgão que geriu essa entidade. Tiveram assento no ICSC 18 delegados, representando um ou mais países, em decorrência da sua cota conjunta ou única ser maior que 1,5% do investimento total no INTELSAT. É interessante observar que, durante o período interino, o INTELSAT não tinha personalidade jurídica, tendo sido em efeito a primeira entidade internacional criada com fins exclusivamente comerciais. Por outro lado, a cota de 1,5% permaneceu simbólica durante o período, a cota verdadeira tendo sido reduzida a medida que entraram novos membros.

Ainda durante o período provisório (1º de fevereiro de 1963), formou-se o COMSAT (Communications Satellite Corporation), uma empresa americana que foi contratada pelo ICSC para gerenciar o INTELSAT, sob as ordens do ICSC, com responsabilidades do estabelecimento, manutenção, desenvolvimento e operação do segmento espacial, além da supervisão geral administrativa e financeira do INTELSAT.

Em 21 de maio de 1971, após dois anos de discussões preliminares, onde foram ouvidas as opiniões de todos os membros, uma conferência plenipotenciária concluiu dois acordos que criavam de modo definitivo o INTELSAT: o Acordo relativo à Organização Internacional de Telecomunicações por Satélite (INTELSAT), celebrado entre os governos e o Acordo Operacional, celebrado entre representantes dos governos na área de telecomunicações (representantes dos próprios governos ou en-

(1) Neste ponto é importante esclarecer as definições:

– segmento espacial – consiste no conjunto dos satélites e estações de rastreio, telemetria, comando, controle e monitoração, bem como das facilidades relacionadas e o equipamento necessário para garantir a operação destes satélites;

– segmento terrestre – consiste no conjunto das estações terrenas, contendo facilidades de comunicações, bem como o equipamento de interface com as redes já existentes.

tidades de telecomunicações designadas pelos governos). Estes acordos foram entregues para ratificação final a partir de 20 de agosto de 1971, data em que se comemoravam sete anos do início das atividades do INTELSAT. Após colhidas assinaturas em número suficiente, em 12 de fevereiro de 1973 estes acordos entraram efetivamente em vigor.

A partir desta data, o INTELSAT adquiriu personalidade legal e passou a ser denominado International Telecommunications Satellite Organization.

A implantação do INTELSAT foi programada em duas fases: transitória e definitiva. A fase transitória teve a duração prevista de 6 anos (nominalmente de 12 de fevereiro de 1973 a 11 de fevereiro de 1979) e nela a gerência cotidiana do INTELSAT seria compartilhada entre o Órgão Executivo do INTELSAT e o COMSAT, com gradual transferência das atribuições do segundo ao primeiro.

c) Organização do INTELSAT

A Fig. 11.3 mostra a organização geral do INTELSAT e servirá de subsídio às explicações que se seguem.

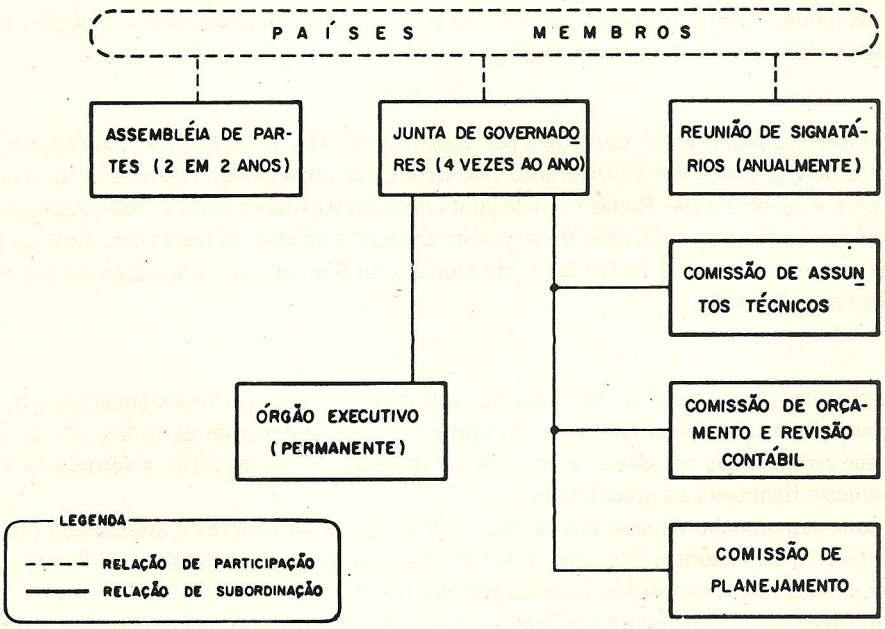


Fig. 11.3 – Organização geral do INTELSAT.

Atualmente o INTELSAT é gerenciado em três níveis independentes, com atribuições específicas para cada um:

– *A Assembléia das Partes*, composta pelos governos que assinaram o acordo definitivo, tornando-se membro (parte) do INTELSAT, reúne-se a cada dois anos e se destina a considerar os aspectos

da Organização que são de interesse das partes como estados soberanos, tais como a política geral da entidade e os objetivos a longo prazo, analisando a consistência com os princípios e finalidades das atividadesdo INTELSAT. Nesta Reunião, cada parte tem direito a um voto.

– *A Junta dos Governadores*, existente desde os tempos do ICSC, tem a responsabilidade do desenvolvimento, projeto, construção, estabelecimento, operação e manutenção do segmento espacial do INTELSAT, além de outras responsabilidades oriundas de decisões tomadas pela Assembléia das Partes, conforme preceitua o Acordo Operacional. Os Governadores representam os signatários ou grupos de signatários, cuja cota de investimento na organização seja igual ou superior a um certo mínimo fixado, com o objetivo de reduzir o número de governadores a cerca de 20, valendo a composição de cotas para direito a assento na Junta. Além destes Governadores, a Junta poderá incluir mais cinco Governadores, representando cada uma das cinco regiões da União Internacional de Telecomunicações, independentemente das cotas de investimento dos membros que compõem a região.

A cota representa um investimento igual à sua percentagem no uso total do segmento espacial. Anualmente se faz um reajustamento geral de cotas, de acordo com o uso do sistema nos últimos seis meses.

O voto na Junta é ponderado de acordo com a cota de investimentos; entretanto, nenhum signatário pode ter poder de voto maior do que 40% do total de cotas. Normalmente as decisões da Junta são por unanimidade, só havendo necessidade de votação no caso de impasse.

– *A Reunião dos Signatários*, composta por todos os signatários do Acordo Operacional, ocorre anualmente e nela se levam em consideração resoluções, recomendações e pontos de vista encaminhados a ela pela Assembléia das Partes ou pela Junta dos Governadores. Suas atribuições específicas consistem em fixar tarifas para utilização do segmento espacial e aprovar as regras gerais para o ingresso de estações terrenas no sistema INTELSAT. Na reunião dos Signatários, as decisões são tomadas na base de um voto por signatário.

Estes órgãos interagem entre si, de modo que uns levam em conta as recomendações e opiniões dos outros, mas a Junta dos Governadores é, na prática, o mais importante de todos, por ser aquele responsável pela gerência das atividades executivas do INTELSAT, sendo assim a verdadeira mentora política, técnica e financeira da organização.

Para o bom desempenho de suas atividades, a Junta dos Governadores é assessorada por 3 comissões consultivas: a de Assuntos Técnicos, a de Orçamento e Revisão Contábil e a de Planejamento. Mas podem ser criadas tantas comissões, quantas julgadas necessárias.

O Órgão Executivo, inicialmente presidido por um Secretário Geral, foi criado para responder, frente à Junta dos Governadores, pela realização dos serviços de gerência do segmento espacial e supervisão da operação das estações terrenas e de monitoração. Inicialmente presidido por um Secretário Geral, enquanto a maior parte dos encargos de gerência permaneciam com o COMSAT, a partir de 31 de dezembro de 1976, quando já controlava as atividades administrativas e financeiras e detinha a representação jurídica, passou a ser presidida por um Diretor Geral. A sua organização final é apresentada na Fig. 11.4.

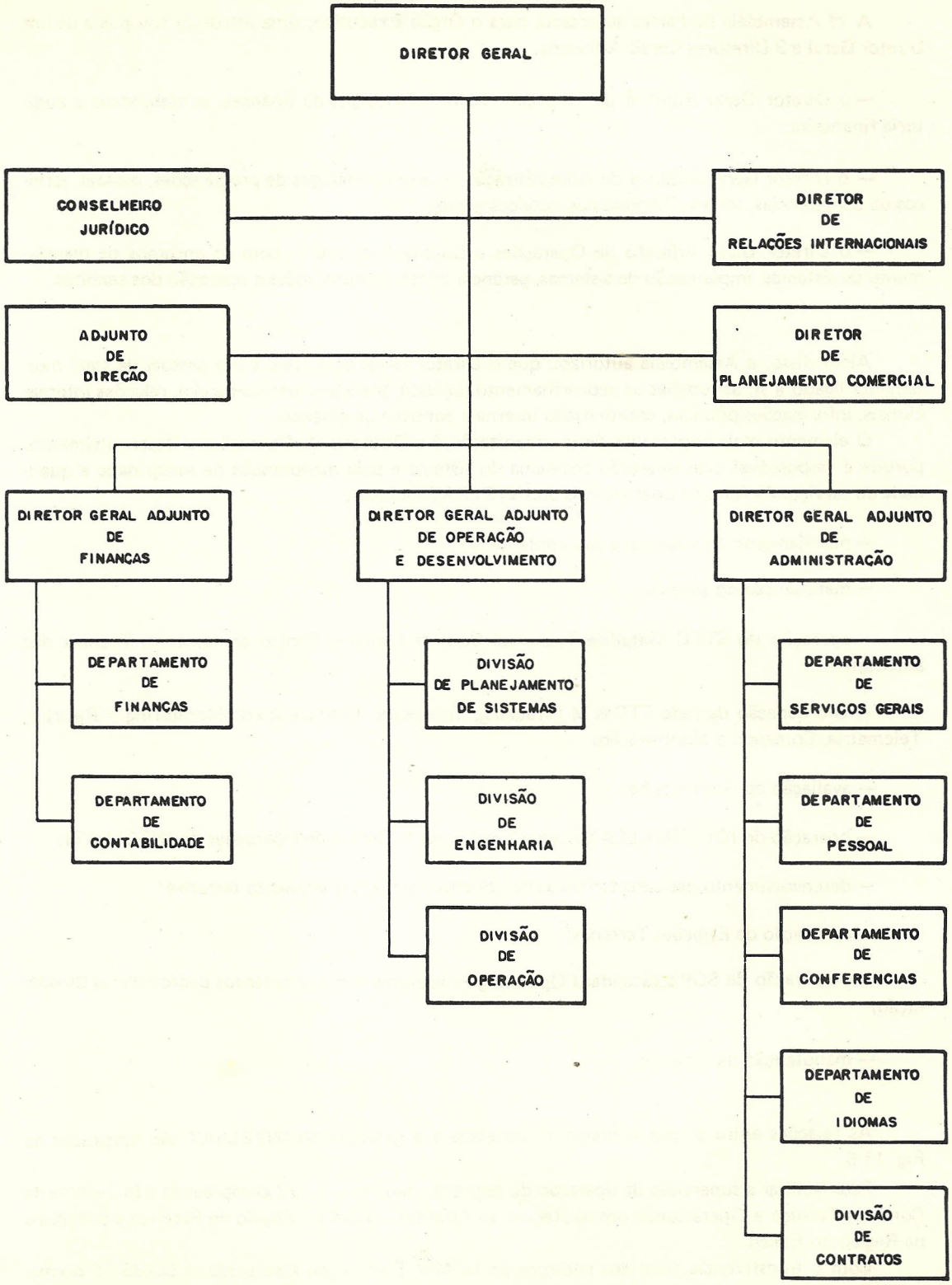


Fig. 11.4 – Estrutura do orgão executivo da INTELSAT.

A 2ª Assembléia de Partes autorizou, para o Órgão Executivo, uma estrutura composta de um Diretor Geral e 3 Diretores Gerais Adjuntos:

— o Diretor Geral Adjunto de Finanças – com os encargos de finanças, contabilidade e auditoria financeira;

— o Diretor Geral Adjunto de Administração – com os encargos de procurações, pessoal, serviços de conferências, serviços lingüísticos, serviços gerais;

— o Diretor Geral Adjunto de Operações e Desenvolvimento – com os encargos de planejamento de sistemas, implantação de sistemas, gerência de telecomunicações e operação dos satélites.

Além disso, a Assembléia autorizou que o Diretor Geral atribuísse a um pessoal de *staff* diretamente ligado a si, as funções de aconselhamento jurídico, planejamento comercial, relações internacionais, informações públicas, coordenação interna e controle de gerência.

O elemento mais importante desta organização é a Diretoria de Operações e Desenvolvimento, porque é responsável pela operação cotidiana do sistema e pela manutenção da integridade e qualidade do serviço. As funções operacionais do INTELSAT incluem:

— planejamento operacional e sua implantação;

— manutenção do sistema;

— operação do STTC (Satellite Technical Control Center = Centro de Controle Técnico dos Satélites);

— coordenação da rede TTC & M (Tracking, Telemetry, Command and Monitoring = Rastreio, Telemetria, Comando e Monitoração),

— avaliação do desempenho;

— operação do IOC (INTELSAT Operations Center = Centro de Operações do INTELSAT);

— desenvolvimento das características de desempenho para o segmento terrestre;

— aprovação de Estações Terrenas;

— preparação de SOP's (Standard Operating Procedures = Procedimentos padronizados de operação);

— manutenção de registros.

As relações entre a rede operacional instalada e a gerência do INTELSAT são mostradas na Fig. 11.5

Para facilitar a supervisão da operação do segmento terrestre, o IOC compreende três Centros de Controle Técnico e Operacional: um na Região do Atlântico, outro na Região do Pacífico e o terceiro na Região do Índico.

Com a transferência final dos encargos do COMSAT ao Órgão Executivo, o COMSAT permanece como o representante dos Estados Unidos, mas pode prestar serviços ao Órgão Executivo, mediante contrato.

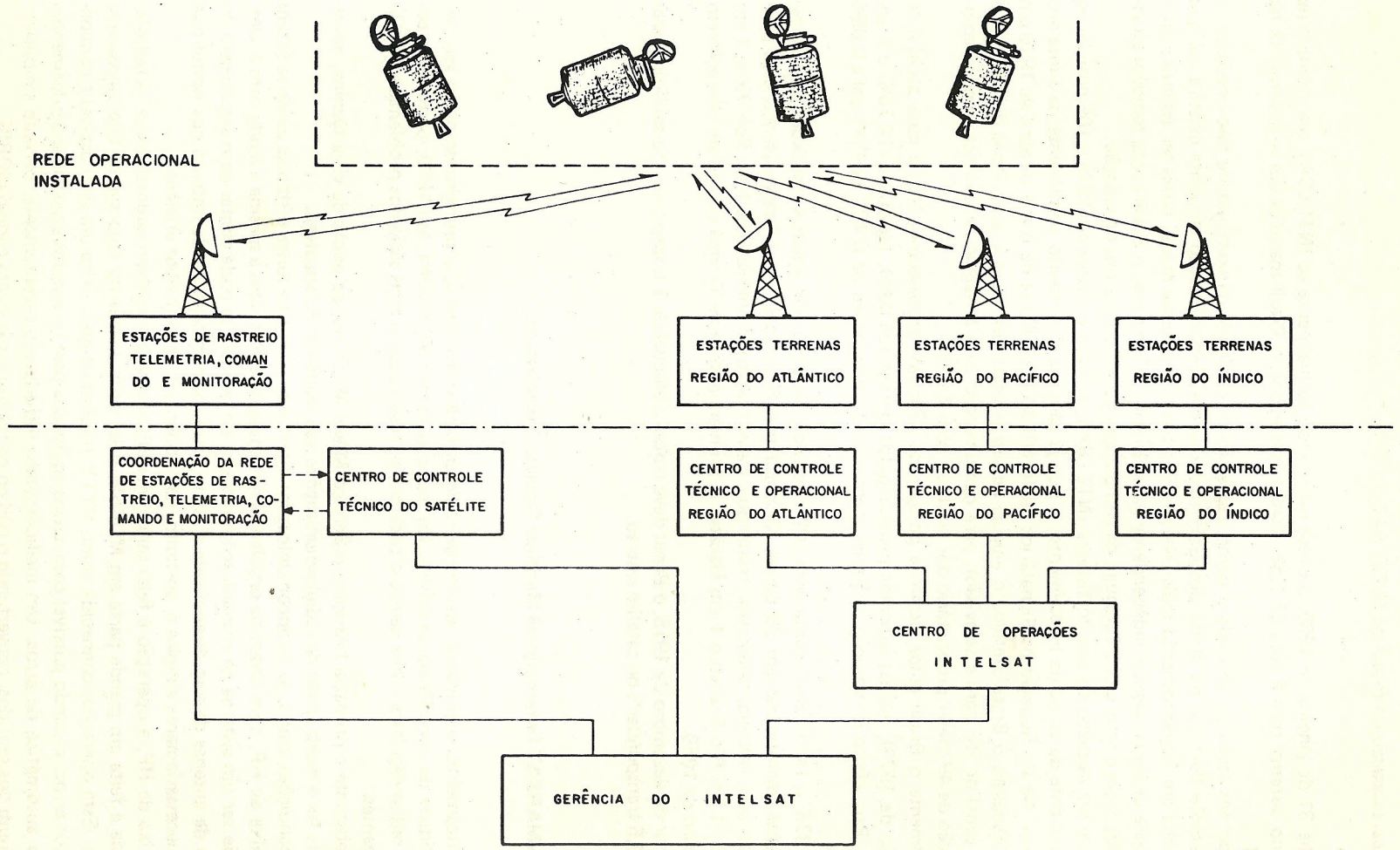


Fig. 11.5 – Ação de gerência do INTELSAT.

d) A participação do Brasil no INTELSAT

No dia 31 de janeiro de 1965, o Brasil manifestou formalmente ao INTELSAT sua intenção de participar no sistema com a cota de 1,5%. Desde essa época, o Brasil mantém um representante no INTELSAT.

Devido aos laços de amizade e como expressão da realidade da comunidade luso-brasileira, o Brasil representa Portugal na Junta dos Governadores. Esta representação conjunta existirá até que Portugal tenha em funcionamento mais três estações terrenas e, desse modo, possa ter assento a Junta por sua cota de investimento, independente da do Brasil. Além disso, o Brasil conta também atualmente (1978), com o reforço do Paraguai, na composição de cotas para fins de votação.

No que diz respeito ao uso do sistema INTELSAT, o Brasil ocupava em 1974 a 10ª posição na ordem decrescente de cotas de investimento, o que já garantia um assento permanente na Junta dos Governadores. Na IV Reunião de Signatários do INTELSAT, realizada de 6 a 9 de abril de 1976 em Singapura (Malásia), o Brasil efetivou o aluguel de um transponder (com a capacidade de 360 canais de voz e 1 canal de RF para a televisão), para comunicação com a Região Amazônica, tendo ascendido à posição de 4º maior proprietário dos satélites, com 4,87%.

Atualmente o Brasil ainda detém a posição de 4º maior proprietário, mas a cota atual é de 4,23% (maio de 1978), apenas superada pelos Estados Unidos (25,09%), Inglaterra (10,76%) e França (5,97%). Para efeito de votação, o Brasil conta com a participação de 0,49% de Portugal e 0,05% do Paraguai.

Em 1978, o INTELSAT conta com 102 membros, havendo 207 antenas instaladas em 170 estações terrenas, distribuídas em 38 países. O Brasil tem 8 antenas, 3 em Tanguá (sendo uma para TTC & M, ou seja, rastreio, telemetria, comando e monitoração), 1 em Manaus, 1 em Boa Vista, 1 em Porto Velho, 1 em Rio Branco e 1 em Macapá. A primeira antena de Tanguá entrou em operação em 28 de fevereiro de 1969.

A partir de dezembro de 1978, o Brasil deve trocar o aluguel de 1 transponder no satélite operacional por 2,5 transponder's no satélite reserva.

11.2.3 – INMARSAT (international Maritime Satellite Organization)

Historicamente, o primeiro serviço de radiocomunicações, isto é, o primeiro emprego sem ser com a finalidade de experiência científica, foi inaugurado por MARCONI, em 1873, permitindo comunicação radiotelegráfica entre navios e continente, resolvendo o mais sério dos problemas que afligia os navegantes.

Não obstante a primazia histórica, o Serviço Móvel Marítimo, do ponto de vista técnico, no século seguinte foi a modalidade de radiocomunicações que menos se desenvolveu.

Nas condições atuais, as radiocomunicações marítimas a média e longa distância ainda se fazem usando a faixa de HF, com todos os problemas de propagação inerentes a mesma e ainda com as desvantagens de ser um sistema de comunicações móveis, em que não se pode contar com a vantagem do rendimento de antenas de alta diretividade e, além disso, com instalações de antenas nos navios que tem de ser necessariamente simples e, portanto, não podem ser as de melhor eficiência.

Na faixa de HF, a operação é feita tanto em radiotelegrafia como em radiotelefonia. A radiotelegrafia ainda é feita em grande parte em MORSE, pelas dificuldades no emprego de teleimpressores na recepção. Esta operação, conhecida como RTTY (radioteletype), exige um sinal estável e com pequena taxa de erros, só sendo possível com navios equipados com receptores especiais e equipamentos de correção automática de erros. Um melhoramento introduzido recentemente, permite simplificar a operação num dos sentidos, convertendo o código de teleimpressores em código MORSE.

A dificuldade maior na radiotelegrafia consiste na necessidade de operadores especialmente treinados em código MORSE. A radiotelefonia simplifica bastante a operação, mas ocupa um espectro mais largo.

Devido ao congestionamento do espectro rádio, o Regulamento Rádio da UIT no Apêndice 25 MAR 2, aprovado em 1974, recomendou que todas as ligações radiotelefônicas do Serviço Móvel Marítimo passassem a ser feitas em SSB (usando-se a faixa lateral superior), tendo o parágrafo 457 estabelecido a data de 01/01/1978 para entrada em vigor deste procedimento. Na prática, até a data (1978) isto ainda não foi atendido por todos os navios, havendo vários trabalhando ainda em DSB. Uma solução de compromisso foi conseguida com as estações costeiras trabalhando com emissão A3H (faixa lateral + portadora), que é compatível tanto para AM-DSB quanto para AM-SSB/SC.

Para as comunicações de curta distância (tráfego de aproximação), já se conta com a vantagem de instalações para comunicação em VHF, em radiotelefonia.

A rede atual (1978) da EMBRATEL conta com 16 estações, prestando os serviços indicados na Tab. 11 V.

Tabela 11.V – Rede Nacional de Estações Costeiras (1978)

Tipo de Estação	*Localização*	*Serviços Prestados*	*Alcance*	*Faixas rádio empregadas*
Principal	Rio de Janeiro	Radiotelegrafia Radiotelefonia	Mundial	HF, VHF
Regionais	Belém Rio Grande Recife	Radiotelegrafia Radiotelefonia	Longo alcance	HF, VHF
Local	Manaus Santarém São Luís Fortaleza Natal Salvador Ilhéus Vitória Santos Itajaí	Radiotelefonia	Médio Alcance	HF, VHF
Local Restrita	Paranaguá Porto Alegre	Radiotelefonia	Curto alcance (tráfego de aproximação)	VHF

Os operadores do Serviço Móvel Marítimo devem ser possuidores de certificado de operador. O Regulamento Rádio, no artigo 23, seção IIA, relativa aos operadores de navio, define os tipos de certificado e especifica as atribuições dos possuidores, de acordo com o tipo de certificado. No mesmo artigo, seção III, especifica quais as condições para a emissão do certificado. No artigo 26, referente ao pessoal de estação costeira, o Regulamento Rádio deixa a questão por conta da administração (país), estabelecendo apenas que "deve prover pessoal adequadamente qualificado, para operar as estações eficientemente".

No Brasil, os Decretos nº 20.047 de 27/05/1931, no seu artigo 33, e nº 21.111 de 01/03/1932, no seu artigo 52, deixam clara a exigência do certificado para operadores de estações (abrangendo as

estações costeiras), sendo que o Código Brasileiro de Telecomunicações (lei nº 4117, de 27/08/1962) reforça este dispositivo legal, nos seus artigos 29 e 123.

É conveniente notar que o Regulamento Rádio sugeriu a criação de um certificado unificado de Operador de Radiocomunicações, mas a legislação vigente no Brasil ainda se baseia no critério de certificados separados para Operador de Radiotelegrafia e Operador de Radiotelefonia. Os requisitos para a concessão destes certificados para operadores de estações costeiras, seguem bem de perto os estabelecidos para operadores de navio.

Deve-se ainda citar que um Regulamento brasileiro específico, a respeito do Serviço Móvel Marítimo, está nesta data (1978) em preparação pelo Ministério de Comunicações, devendo ser publicado em breve.

No que diz respeito aos procedimentos operacionais, a UIT editou um Manual para uso no Serviço Móvel Marítimo, que é seguido de perto por todas as administrações.

No que diz respeito às freqüências de operação, aquelas permitidas são estabelecidas no Apêndice 15 do Regulamento Rádio. Note-se que as freqüências de operação das estações costeiras e dos navios são objeto de registro nacional (no nosso caso, no DENTEL) e internacional (no IFRB).

Do ponto de vista operacional, ainda, o UIT edita um Livro de Estações Costeiras, que informa sobre as freqüências de operação (e seu uso, isto é, para radiotelefonia ou radiotelegrafia), regime de trabalho (se horário integral H24 ou horário parcial, como H8 ou H16, nestes casos atendendo os critérios do Regulamento Rádio quanto ao período de funcionamento), dados geográficos (latitude, longitude) e outros dados operacionais como prefixo, horários de serviços especiais, tarifas etc.

Também para navios a UIT edita um Livro de Estações de Navio, que indica o prefixo, as freqüências de operação, a administração responsável, os tipos de serviços autorizados etc.

Os operadores, além disso, dispõem de uma Lista Alfabética dos prefixos de chamada para o Serviço Móvel Marítimo, incluindo estações costeiras e estações de navio.

Este é, em linhas gerais, o quadro geral da operação atual do Serviço Móvel Marítimo. Vamos agora comentar a respeito do futuro previsto para este serviço.

As comunicações em HF de longa distância puderam ser substituídas com vantagem pelos sistemas de microondas, de cabos submarinos e, modernamente, pelos sistemas de satélite. Os sistemas de microondas e de cabos submarinos apenas são adequados para comunicações fixas, mas com o aparecimento dos sistemas via satélite, vislumbrou-se a possibilidade de estender seu uso às comunicações móveis, o maior beneficiário sendo o Serviço Móvel Marítimo.

Os primeiros entendimentos no sentido de se estabelecer um sistema internacional de comunicações marítimas via satélite foram iniciados na Assembléia da Organização Consultativa Marítima Intergovernamental, em 23 de novembro de 1973, que aceitou o princípio e deu origem às Conferências Internacionais especializadas de 9 de maio de 1975 e de 1 a 3 de setembro de 1976. Esta última concluiu os entendimentos, com a decisão da criação do INMARSAT, do qual o Brasil participará do investimento inicial de 1,50% do valor total, que é de 200 milhões de dólares. A exemplo do INTELSAT, a participação será futuramente reavaliada em bases de utilização. São 40 os participantes iniciais, comprometidos na reunião final acima citada.

A entrada em vigor da Convenção, permitindo a criação definitiva do INMARSAT, se dará 60 dias após a ratificação final de um número de administrações que representam 95% das cotas de investimento inicial. Se até novembro de 1979 isto não ocorrer, a Convenção não mais entrará em vigor.

Em 13 de abril de 1978 o Brasil assinou a Convenção e a EMBRATEL o Acordo Operacional. Apesar de até a data (1978), nem todas as administrações terem comunicado a retificação final, a previsão é de que até o prazo marcado se consigam as assinaturas necessárias para a criação definitiva do INMARSAT.

Neste interim, as providências preliminares de planejamento organizacional estão sendo levadas a efeito pelo Comitê Preparatório.

A organização do INMARSAT é prevista como mostra a Fig. 11.6.

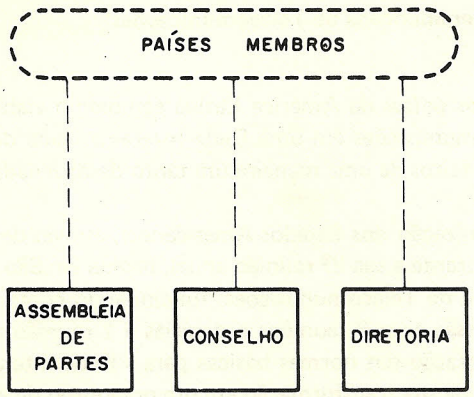


Fig. 11.6 – Organização do INMARSAT (Previsão).

A Assembléia de Partes é prevista se reunir regularmente de 2 em 2 anos, podendo ser realizadas reuniões extraordinárias a pedido do Conselho ou de 1/3 das partes. Nestas reuniões, cada parte tem direito a 1 voto, sendo as decisões tomadas por maioria de 2/3 dos presentes, em questões de essência, e por maioria simples, em questoes de procedimentos.

A Assembléia de Partes é responsável pelo estabelecimento das políticas gerais e objetivos a longo prazo, bem como aspectos de supervisão e relações com estados ou organizações internacionais.

O Conselho é formado por 18 representantes dos signatários com maiores investimentos (valendo a composição de investimentos para a designação de um representante para o grupo) e mais 4 representantes eleitos pela Assembléia de Partes, tendo em vista interesses de equilíbrio geográfico ou de países em desenvolvimento.

O Conselho deve ter reuniões tão freqüentes quanto necessário, porém, não menos que 3 vezes por ano. Os representantes tem direito de voto proporcional ao investimento, sem contudo nenhum representante poder ultrapassar a faixa de 25%. Há interesses em se conseguir resoluções unânimes, mas, em caso de divergências, vale um critério de maioria equivalente ao do caso da Assembléia de Partes.

O Conselho, a partir das políticas e diretrizes gerais da Assembléia de Partes, tem a responsabilidade:

a – Do estabelecimento do segmento espacial, em termos de projeto, desenvolvimento, construção e operacionalização;

b – Determinação de planos, políticas, programas e procedimentos operacionais do sistema;

c – Determinação de políticas financeiras, regulamentos financeiros e estabelecimento de orçamentos anuais.

A Diretoria é um órgão permanente, que funciona como chefe executivo e representante legal do INMARSAT.

O Diretor Geral é escolhido pelo Conselho, entre uma lista de candidatos propostos pelas Partes, sujeito a uma posterior confirmação por elas. Seu mandato é de seis anos, mas o Conselho pode substituí-lo, mediante razões justificadas.

Os restantes membros da Diretoria, bem como a estrutura e organização são determinados pelo Diretor Geral, devendo os mais altos níveis de decisão serem aprovados pelo Conselho.

A EMBRATEL deverá ter uma estação demoduladora em Tanguá, provida de funcionamento automático e que deve servir a toda América do Sul.

11.2.4 – CITEL (Conferência Interamericana de Telecomunicações)

Desde a década de 1950, os países da América Latina estudam a viabilidade da integração de seus sistemas terrestres de telecomunicações em uma Rede Interamericana de Telecomunicações. Os primeiros planos e estudos foram feitos de uma maneira um tanto desordenada e se sentiu a necessidade de organizar os esforços.

Sob a égide da OEA (Organização dos Estados Americanos), através do CIES (Conselho Interamericano Econômico e Social), durante a sua 2ª reunião anual, havida em São Paulo, em 1963, foi criada uma Comissão Interamericana de Telecomunicações, funcionando como uma Comissão Especial do referido conselho. Esta comissão teve 6 reuniões ordinárias e 1 reunião extraordinária, sendo as suas principais realizações a elaboração das normas básicas para a Rede Interamericana de Telecomunicações (RIT) e o planejamento de sua transformação em um organismo de atuação mais ampla, preparando o anteprojeto do regulamento do mesmo.

A criação oficial da Conferência Interamericana de Telecomunicações se deu em 1971, sendo a primeira Conferência convocada pela Assembléia Geral da OEA para ter lugar em Caracas (Venezuela), de 5 a 11 de setembro de 1971, quando então o novo órgão passou a substituir as funções do antigo Conselho.

O CITEL é um organismo vinculado ao Conselho Interamericano Econômico e Social da OEA e cumpre seus fins por meio de sua Comissão Diretora Permanente (COM/CITEL) e de suas Comissões Técnicas Permanentes. Podem fazer-se representar na CITEL todos os países membros da OEA.

As conferências tem um objetivo misto técnico-econômico-jurídico, destinando-se a facilitar e promover um desenvolvimento ordenado e contínuo das telecomunicações no continente americano, para tanto gerando recomendações para os países membros da OEA. As reuniões são periódicas, pelo menos a cada quatro anos. A segunda Conferênca teve lugar no período de 19 a 27 de novembro de 1975, na cidade do Rio de Janeiro, e a terceira está prevista se realizar em 1979, com sede na Argentina.

A Fig. 11.7 esquematiza a organização atual do CITEL. Cumpre notar que um estudo mais detalhado sobre sua organização, ainda está sendo objeto de estudo.

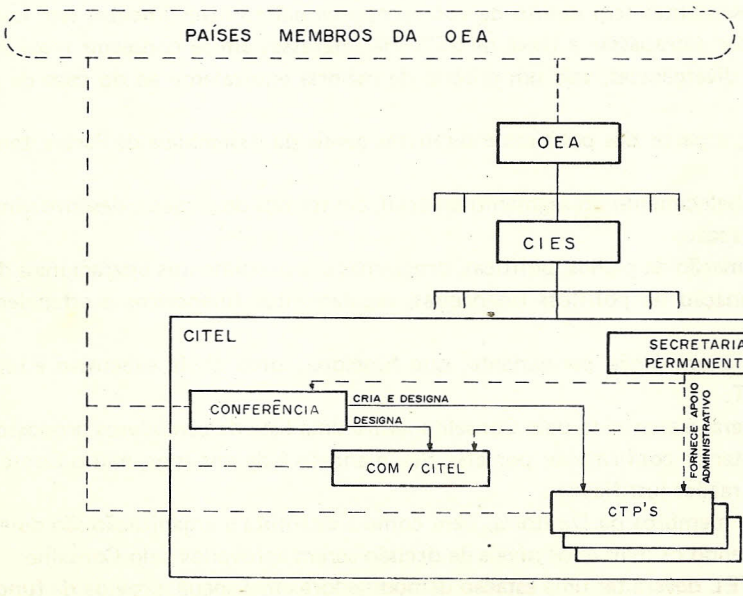


Fig. 11.7 – Organização do CITEL (1978).

A Conferência propriamente dita, é uma Assembléia Geral e é o organismo mais importante por gerar recomendações e orientações para o trabalho interno e para o relacionamento com outras entidades.

O Comitê Diretor Permanente (COM/CITEL) zela pelo cumprimento e seguimento das recomendações da Conferência e reune-se ao menos uma vez por ano. Para o COM/CITEL são eleitos 9 membros, sendo um país escolhido para sede provisória do órgão e cabendo ao representante deste país a presidência do mesmo.

As Comissões Técnicas Permanentes (CTP) tem um caráter especializado e tem por finalidade exercer as atribuições definidas pela Conferência. Elas são criadas ou desativadas pelas conferências, de acordo com as necessidades verificadas, tendo validade por todo um período entre Conferências sucessivas.

Para maior eficiência dos trabalhos e maior economia de gastos de reuniões, podem ser organizados Grupos de Trabalho dentro das Comissões Técnicas Permanentes, mas a Comissão como um todo deve se reunir periodicamente.

Existem atualmente 3 Comissões Técnicas Permanentes:

CTP I — Sistema Interamericano de Telecomunicações

CTP II — Radiodifusão

CTP III— Radiocomunicações.

Em cada Conferência se define um país para sede provisória do órgão, cabendo ao representante deste país a presidência do mesmo. Os participantes devem ser especialistas pertencentes aos países membros, mas a designação detalhada dos mesmos fica a cargo do COM/CITEL.

Tanto o COM/CITEL quanto o CTP's são apoiadas administrativamente pela Secretaria Permanente do CITEL, que é nomeada e organizada pela Secretaria Geral da OEA. Este apoio consiste basicamente na infra-estrutura para as reuniões, traduções, reprodução e distribuição de documentos, serviços postais, telegráficos e telefônicos.

11.2.5 — ICPC (International Cable Protection Committee)

Com o desenvolvimento da tecnologia, os problemas técnicos no cabo submarino e repetidoras se tornaram cada vez mais raros e a grande maioria das falhas em cabos passaram a ser devidas a fatores humanos, sobretudo acidentes em pesca.

Durante algum tempo se pensou que estes acidentes fossem fruto de desleixo e portanto evitáveis, mas uma análise continuada de registros, por alguns anos, mostrou que poucos eventos foram constatados com estas características.

A experiência mostrou que a maior parte dos acidentes eram devidos a pescadores, cujas redes de arrasto causavam, por inadvertência, danos em cabos. Por outro lado, estes acidentes traziam prejuízos por ambos os lados:

a) para os pussuidores dos cabos, em vista dos danos no material, o que exige uma manutenção corretiva custosa e da interrupção das comunicações, com os correspondentes prejuízos na prestação do serviço de telecomunicações e na respectiva perda de receita;

b) para os pescadores porque geralmente danificam a rede e equipamentos associados, ocasionam a perda do material pescado e acarretam perdas pelo tempo de reparo ou substituição de seu equipamento.

Não obstante os desenvolvimentos da tecnologia do cabo e de seu lançamento permitirem aumentar a resistência do cabo e escolher os caminhos mais protegidos, ocorre que os desenvolvimentos da indústria da pesca também tornaram as redes mais resistentes, de maiores dimensões e capazes de pescar em águas mais profundas.

A medida que a capacidade em canais dos cabos aumentou, a possibilidade de acidentes tornou-se um problema muito mais sério para os seus possuidores. Por isto e diante da rápida evolução da rede mundial de cabos, sentiu-se a necessidade da criação de um organismo mundial com a finalidade de "promover a salvaguarda dos cabos submarinos de seus membros, de prejuízos causados pelo homem".

Em 22 de maio de 1958, em Londres (Inglaterra), com a reunião de 6 das maiores organizações envolvidas com cabos submarinos, formou-se o Comitê dos Danos em Cabos (CDC = Cable Damage Committee), que teve sua primeira reunião formal em novembro de 1958, já com a adesão de mais 2 membros. Este Comitê foi redesignado, em junho de 1967, como Comitê Internacional de Proteção aos Cabos (ICPC = International Cable Protection Committee), continuando sua sede em Londres.

São membros deste Comitê tanto administrações como companhias comerciais que possuam ou operem os cabos submarinos. Em 1978, o ICPC incluía 23 membros, pertencentes a 16 países. O Brasil é um destes membros.

O Comitê se reuniu 8 vezes até 1969 e desde então tem se reunido anualmente, mas a convenção prevê haver reuniões mais freqüentes, se for necessário. Nas reuniões devem estar presentes mais de metade dos membros. Nelas são eleitos um presidente e um vice-presidente, com mandato de 1 ano, sendo válida a reeleição até um total de 3 anos. A votação das decisões é feita pelo critério de maioria simples dos membros, sendo que ao presidente cabe o voto de Minerva em caso de empate.

A convenção do ICPC prevê a possibilidade da criação de subcomitês para tratar de assuntos específicos.

A missão primária do ICPC consiste em proteger os cabos submarinos, para tanto desempenhando as seguintes atividades:

a) preparando e divulgando cartas de alerta dos cabos, bem como examinando e aprovando cartas de navegação, fazendo e recomendando ações e instruções aos navegantes para evitar acidentes com os cabos;

b) realizando contatos com proprietários de frotas pesqueiras e com os proprietários de instalações de prospecção submarina de petróleo e minerais, que têm se constituído em recentes responsáveis por acidentes em cabos;

c) em contrapartida, atendendo também às queixas dos pescadores em relação aos cabos;

d) acompanhando os eventos de falhas e a sua recuperação;

e) participando de estudos sobre o desenvolvimento da tecnologia dos cabos, tendo em vista diminuir sua vulnerabilidade e aumentar a proteção catódica contra a corrosão;

f) supervisionando o patrulhamento de cabos submarinos.

É conveniente ressaltar que o ICPC é um organismo com características de divulgação de informações e esclarecimentos, sem atuação direta nos casos de falha.

11.2.6 – ACMA (Atlantic Cable Repair and Maintenance Agreement)

A manutenção e reparação dos sistemas de cabos submarinos é objeto de um convênio especial. Não tem sentido cada administração responsável por manutenção de cabo ter o seu navio cabeiro especializado para estas atividades. Dada a baixa incidência de falhas num sistema de cabos submarinos, bem como que mais de uma administração pode ser responsável pela manutenção de um mesmo sistema (no caso do BRACAN, o Brasil e a Espanha têm 50% cada um, da responsabilidade de manutenção), um mesmo navio pode servir a vários cabos.

Por outro lado, os custos de manutenção e operação do navio cabeiro são muito elevados, justificando assim um acordo entre várias administrações para rateio das despesas.

Por estes motivos, o Brasil, representado pela EMBRATEL, junto com mais 15 outras administrações internacionais de telecomunicações, firmaram um acordo cobrindo todos os sistemas de cabos submarinos existentes na Região do Oceano Atlântico, o ACMA.

Para efeito deste Acordo, o Oceano Atlântico foi dividido em duas zonas, denominadas Oriental e Ocidental, por uma linha que partindo do Sul da Islândia, ao Norte, atravessa o ponto intermediário geográfico dos cabos que cruzam o Atlântico e termina em Fortaleza, Brasil, ao Sul. Existem 4 navios cabeiros servindo, sob o contrato, ao Acordo, sendo 2 em cada zona. Na zona Oriental estão o CS (Cable Ship) ALERT de propriedade do British Post Office, por ele operado com base no porto de Southampton (Inglaterra), e o CS ENTERPRISE de propriedade da Cable and Wireless Ltd, por ela operado com base no porto de Vigo (Espanha). Na zona ocidental estão o CS JOHN CABOT de propriedade da Canadian Ministry of Transports, por ele operado e fretado pela TELEGLOBE (Canadá) com base no porto de St. JOHNS (Canadá), e o CS MERCURY de propriedade da Cable and Wireless Ltd, por ela operado com base nas Ilhas Bermudas.

Basicamente, este Acordo implica em um contrato de manutenção em que os navios cabeiros citados, se prestam a atender imediatamente a um chamado de atendimento a qualquer administração signatária, a respeito de falhas em cabos de sua propriedade.

Os custos do Acordo são divididos em:

a) Taxas de Permanência (standing charges) – significa todos os custos decorrentes e pagamentos efetuados com relação a um navio, enquanto ele estiver disponível no porto base, para serviços do Acordo.

b) Custos de Deslocamento (running costs) – compreendem os custos de combustível, taxas de portos, óleo lubrificante etc.

A primeira parcela é rateada entre todas administrações signatárias e vale enquanto os navios estão em seus portos base, entre atividades de manutenção. Quando uma administração signatária chama um navio, desde o momento que ele abandona o porto até que volte, os custos de deslocamento correm por exclusiva responsabilidade da Administração solicitante, não sendo faturado às outras administrações as Taxas de Permanência, relativa ao período de serviço.

As administrações signatárias participam dos encargos financeiros do ACMA, proporcionalmente às suas unidades de contabilização, atualizadas semestralmente, que são função do comprimento do cabo, circuitos ativados e distância ao porto base mais próximo. Os encargos de cada zona são rateados entre as administrações signatárias proprietárias de sistemas de cabo, nas respectivas zonas, na proporção de suas unidades de contabilização.

O presente Acordo expira em 30 de junho de 1979, já tendo sido iniciado os entendimentos para sua renovação para um período de 5 anos.

11.3 – O PANORAMA DAS TELECOMUNICAÇÕES NO BRASIL

11.3.1 – Breve Histórico das Telecomunicações no Brasil

Não obstante o Brasil tenha acompanhado de perto as grandes realizações das telecomunicações, tendo implantado suas primeiras linhas telegráficas (1852) e telefônicas (1877), logo após a introdução destes serviços no mundo (respectivamente 1849 e 1876), o desenvolvimento das comunicações se processou de forma muito lenta e desordenada, até a década de 1960.

A situação nesta época era desanimadora. Em termos de serviços locais, somente as grandes capitais tinham redes de certo porte e, mesmo assim, uma grande parte da população não era atendida. O número de empresas ascendia a quase 1000, a maioria delas sendo de propriedade municipal e com poucos aparelhos. Uma empresa, a maior de todas (Companhia Telefônica Brasileira), era responsável por cerca de 75% dos aparelhos do país e, somados as quatro maiores, elas eram responsáveis por mais de 85% dos aparelhos.

Em termos de comunicações interestaduais havia, além de enlaces de microondas de média/alta capacidade entre RJO e SPO e entre RJO e BHE, bem como um sistema de microondas de pequena capacidade entre RJO e BSA, uns poucos circuitos em linha física de baixa capacidade e uns poucos circuitos rádio em ondas curtas, ligando as grandes cidades, incapazes de dar vazão ao tráfego que deles se solicitava, o que acarretava atrasos de até dias no atendimento aos usuários.

Em termos de comunicações internacionais havia uns poucos circuitos, através de cabos submarinos, para uso telegráfico, e uns poucos circuitos rádio em ondas curtas, para uso telefônico e telegráfico, também incapazes de dar vazão ao tráfego solicitado.

Tornava-se claro que, para dar condições de desenvolvimento ao país, era preciso tirá-lo desta situação de estagnação. A primeira providência tomada pelo governo foi a criação de um plano diretor para o desenvolvimento das telecomunicações. Assim, com a Lei nº 4 117 de 27 de agosto de 1962 foi instituído o Código Brasileiro de Telecomunicações.

Basicamente, o Código Brasileiro de Telecomunicações tratou dos seguintes aspectos:

— Definiu o Sistema Nacional de Telecomunicações, como o "conjunto de meios (troncos e redes), através dos quais se executam os serviços de telecomunicações";

— Previu a elaboração de um Plano Nacional de Telecomunicações (PNT);

— Criou um mecanismo destinado a angariar a renda necessária ao desenvolvimento inicial do Sistema, o Fundo Nacional de Telecomunicações (FNT);

— Criou o Conselho Nacional de Telecomunicações (CONTEL), com o objetivo de coordenar, supervisionar e regulamentar as telecomunicações;

— Caracterizou os critérios a serem aplicados às taxas e tarifas na execução dos serviços de telecomunicações;

— Autorizou o Poder Executivo a constituir uma empresa pública, com o objetivo de implantar e operar os serviços públicos de telecomunicações, de responsabilidade da União.

Em 20 de maio de 1963, através do Decreto Nº 52.026, foi aprovado o Regulamento Geral para a execução da Lei Nº 4 117.

O Regulamento Geral caracterizou inicialmente a composição dos Regulamentos Específicos (Telefonia, Telegrafia, Radiodifusão etc.) e Especiais. Além disso:

— Estabeleceu a classificação geral dos Serviços de Telecomunicações, quanto à natureza (Telex, Telefonia etc.), quanto aos fins (Público, Público Restrito etc.) e quanto ao âmbito (Interno, Internacional);

— Definiu a competência da União, Estados, Territórios e Municípios para execução e fiscalização dos Serviços de Telecomunicações;

— Definiu a subordinação, organização, competência e pessoal do Conselho Nacional de Telecomunicações (CONTEL);

— Caracterizou, quanto a generalidades e finalidades, o Plano Nacional de Telecomunicações (PNT);

— Caracterizou, quanto à finalidade e constituição, o Fundo Nacional de Telecomunicações (FNT);

— Definiu, quanto à finalidade, constituição e recursos, a Empresa Brasileira de Telecomunicações (EMBRATEL).

O Plano Nacional de Telecomunicações foi aprovado pelo Decreto Nº 52.859, em 18 de novembro de 1963 e dividiu o Sistema Nacional de Telecomunicações em três partes:

— O *Sistema Básico*, destinado a permitir a ligação entre os principais centros do país. A implantação deste sistema foi a missão inicial da Empresa Brasileira de Telecomunicações (EMBRATEL).

— O *Sistema Complementar*, definido como o conjunto de troncos e redes de média capacidade de tráfego, para a ligação entre comunidades satélites dos centros principais. Este sistema englobava os sistemas regionais urbanos e interurbanos, a cargo das Concessionárias locais.

— O *Sistema Auxiliar*, definido como o conjunto de troncos e redes de pequena capacidade, para ligações entre regiões de baixa densidade populacional e de difícil acesso e para ligações de segurança nacional. Quanto a este sistema, a própria evolução do Sistema Nacional trouxe novas necessidades e as configurações sofreram grandes alterações.

A EMBRATEL foi criada em 16 de setembro de 1965 e já apresentava as primeiras realizações em 1968, com a ligação interurbana de alta capacidade em microondas entre São Paulo e Porto Alegre e, em 1969, com a estação terrena de Tanguá.

Nos primeiros anos de vida da EMBRATEL, a política de prioridade de execução de implantação foi traçada pelo CONTEL, Conselho Nacional de Telecomunicações. Ainda com o objetivo de dinamizar o setor dando um sentido mais permanente à empresa recém-criada, a Constituição promulgada em 24 de janeiro de 1967 estabeleceu que "compete à União explorar, diretamente ou mediante autorização ou concessão, os serviços de telecomunicações".

A evolução progressiva do setor de telecomunicações, sua importância estratégica na economia e segurança nacional e também a impossibilidade do CONTEL desempenhar todas as suas funções de maneira global, tornaram patente a necessidade da criação do Ministério das Comunicações, que teve sua criação consubstanciada no Decreto-Lei Nº 200, de 25 de fevereiro de 1967.

Com a criação do Ministério das Comunicações, foi transferida para a sua área de ação o Departamento de Correios e Telégrafos (DCT), antes subordinado ao Ministério de Viação e Obras Públicas. Este órgão foi reorganizado como empresa pública pelo Decreto-Lei Nº 509, de 20 de março de 1969, sob a denominação de Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos (ECT).

Também a EMBRATEL e as diversas concessionárias do serviço telefônico passaram para a área de ação do Ministério das Comunicações, que sentiu a necessidade de uma reorganização mais ampla na área de telecomunicações.

Os maiores problemas eram a dificuldade de coordenação e supervisão dos planos de expansão das diferentes companhias, a fiscalização em âmbito nacional na qualidade dos serviços, a dificuldade no entrosamento com as indústrias do Setor de Telecomunicações, cujo planejamento industrial a médio e longo prazo era prejudicado com a instabilidade da demanda e a dificuldade das empresas operadoras em obter recursos financeiros em tempo, volume e condições favoráveis. Em vista disto, o Ministério propôs uma nova estrutura do setor, que aprovada pelo Poder Executivo, foi ordenada pela Portaria Ministerial Nº 420 de 24 de fevereiro de 1971.

Uma das conseqüências desta reformulação foi a criação da empresa TELECOMUNICAÇÕES BRASILEIRAS S.A. — TELEBRÁS, de acordo com a Lei Nº 5 792 de 11 de julho de 1972, tendo sua constituição oficial sido autorizada pelo Decreto Presidencial Nº 70 914, de 2 de agosto de 1972 e se

concretizando a 9 de novembro de 1972 com a realização da Assembléia Geral da Constituição, aprovada pela Portaria Nº 481, de mesma data, do Ministério das Comunicações.

Acompanhando estas medidas, a EMBRATEL foi transformada em sociedade de economia mista, subsidiária da TELEBRÁS, e com a nova razão social EMPRESA BRASILEIRA DE TELECOMUNICAÇÕES S.A., de acordo com os Decretos Nº 70 913 e 70 981, respectivamente de 2 e 14 de agosto de 1972.

Além disso, uma das políticas da Telebrás foi a formação de empresas subsidiárias e associadas de forma a consolidar uma organização do tipo "holding", para tanto adquirindo ações de empresas concessionárias e incentivando que subsidiárias já formadas ampliassem seu campo de ação com a mesma política de procedimento.

Em conseqüência, o número de empresas telefônicas decaiu substancialmente, contando em 1976 com apenas 554 entidades.

As empresas vinculadas à Telebrás constituem o chamado "Sistema Telebrás" e não obstante seu número total seja, em 1978, de apenas 27, no seu conjunto, cobrem a maior parte da área nacional. A Tab. 11. VI mostra a composição atual do Sistema Telebrás.

Tabela 11.VI

Composição do Sistema Telebrás (1978)

Sigla	*Denominação por Extenso*
TELEBRÁS	Telecomunicações Brasileiras S/A
EMBRATEL	Empresa Brasileira de Telecomunicações S/A
TELEACRE	Telecomunicações do Acre S/A
TELAIMA	Telecomunicações de Roraima S/A
TELERON	Telecomunicações de Rondônia S/A
TELEAMAZON	Telecomunicações do Amazonas S/A
TELEPARÁ	Telecomunicações do Pará S/A
TELEAMAPÁ	Telecomunicações do Amapá S/A
TELMA	Telecomunicações do Maranhão S/A
TELEPISA	Telecomunicações do Piauí S/A
TELECEARÁ	Telecomunicações do Ceará S/A
TELERN	Telecomunicações do Rio Grande do Norte S/A
TELPA	Telecomunicações da Paraíba S/A
TELPE	Telecomunicações de Pernambuco S/A
TELASA	Telecomunicações de Alagoas S/A
TELESERGIPE	Telecomunicações de Sergipe S/A
TELEBAHIA	Telecomunicações da Bahia S/A
TELEMIG	Telecomunicações de Minhas Gerais S/A
TELEST	Telecomunicações do Espírito Santo S/A
TELERJ	Telecomunicações do Rio de Janeiro S/A
TELESP	Telecomunicações de São Paulo S/A
TELEPAR	Telecomunicações do Paraná S/A
TELESC	Telecomunicações de Santa Catarina S/A
C.R.T.	Companhia Riograndense de Telecomunicações S/A
TELEMAT	Telecomunicações de Mato Grosso S/A
TELEGOIÁS	Telecomunicações de Goiás S/A
TELEBRASÍLIA	Telecomunicações de Brasília S/A

Por fim, também a área da radiodifusão e teledifusão também passaram para a jurisdição do Ministério.

Em particular, a área de radiodifusão apresentava sérias deficiências no tocante à cobertura da área nacional. Em conseqüência, em 27 de maio de 1976, pelo Decreto → nº 77.698 foi criada a Empresa Brasileira de Radiodifusão (RADIOBRÁS), como empresa pública, vinculada ao Ministério.

11.3.2 — Organização Geral do Setor de Telecomunicações

A organização geral do Setor de Telecomunicações, nos tempos atuais, pode ser consubstanciada na Fig. 11.8.

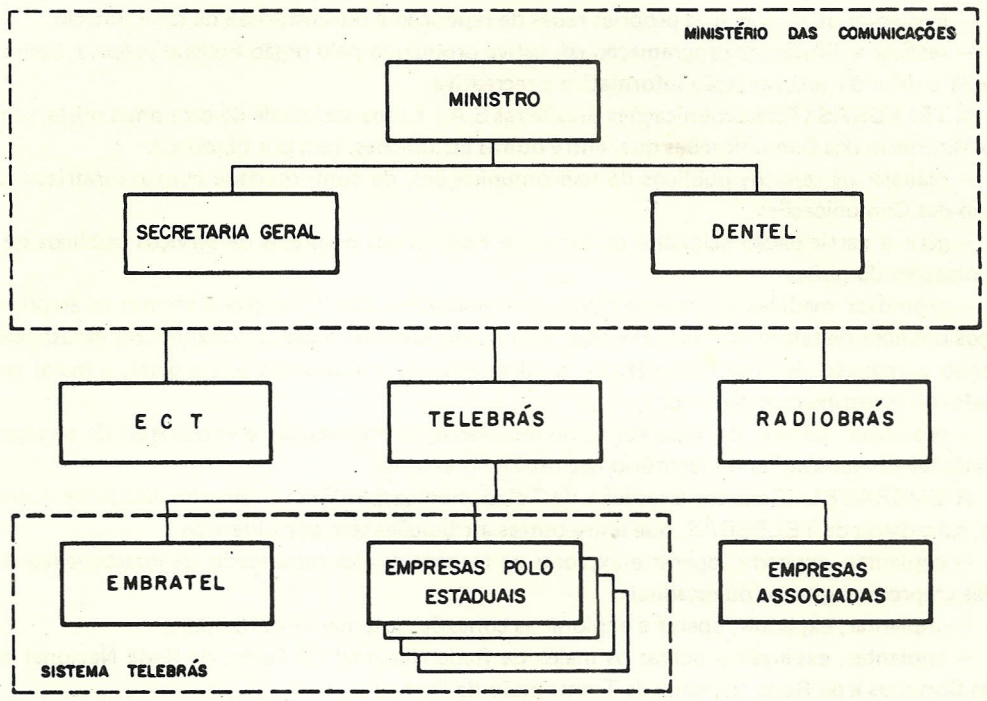


Fig. 11.8 — Organização Nacional das Telecomunicações (1978).

O Ministério das Comunicações é a entidade de onde se origina a política nacional de comunicações. É de sua competência coordenar, supervisionar, controlar e regulamentar os serviços de telecomunicações e os serviços postais, o que realiza através de dois órgãos principais:

a) A Secretaria Geral, cujos principais encargos são a realização de estudos para a formulação de diretrizes, o desempenho de funções de planejamento, orçamento, orientação e coordenação, bem como a elaboração de programas setoriais e regionais.

b) O Departamento Nacional de Telecomunicações (DENTEL), cujos principais encargos são o controle e fiscalização das atividades relacionadas com as telecomunicações, zelando pelo cumprimento das normas reguladoras da prestação de serviços concedidos ou permitidos.

A ECT (Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos) é uma empresa de economia mista, vinculada ao Ministério das Comunicações que, entre outras atribuições, tem por objetivos:

– implantar e explorar o Serviço Postal Nacional;

– implantar, expandir e operar os meios que constituem a Rede Nacional de Retransmissão de Telegramas;

– explorar o serviço, interior e internacional, de telegramas.

A RADIOBRÁS (Empresa Brasileira de Radiodifusão) é uma empresa pública, vinculada ao Ministério das Comunicações, tendo como principais objetivos:

– implantar e operar as emissoras e explorar os serviços de radiodifusão do Governo Federal;

– implantar ou operar suas próprias redes de repetição e retransmissão de radiodifusão;

– realizar a difusão de programação educativa produzido pelo órgão Federal próprio, bem como produzir e difundir programação informativa e recreativa.

A TELEBRÁS (Telecomunicações Brasileiras S.A.) é uma sociedade de economia mista, vinculada ao Ministério das Comunicações que, entre outras atribuições, tem por objetivos:

– planejar os serviços públicos de telecomunicações, de conformidade com as diretrizes do Ministério das Comunicações;

– gerir a participação acionária do Governo Federal nas empresas de serviços públicos de telecomunicações do país;

– promover medidas de coordenação e de assistência administrativa e técnica às empresas de serviços públicos de telecomunicações e àquelas que exerçam atividades de pesquisa ou industriais, objetivando a redução de custos operativos, a eliminação de duplicações e, em geral, a maior produtividade dos investimentos realizados;

– promover, através de subsidiárias ou associadas, a implantação e exploração de serviços públicos de telecomunicações no território nacional e no exterior.

A EMBRATEL (Empresa Brasileira de Telecomunicações S.A.) é uma sociedade de economia mista, subsidiária da TELEBRÁS, que entre outras atribuições tem por objetivos:

– implantar, expandir, operar e explorar os troncos de alta capacidade, de interconexão das redes das empresas regionais ou estaduais;

– implantar, expandir, operar e explorar as conexões internacionais do país;

– implantar, expandir e operar os meios da Rede Nacional de Telex, da Rede Nacional de Estações Costeiras e da Rede Nacional de Transmissão de Dados;

– explorar os serviços móvel marítimo, telex, de arrendamento de circuitos telegráficos e de transmissão de dados.

As Empresas-Pólo estaduais subsidiárias e as Empresas associadas à TELEBRÁS, entre outras atribuições, têm por objetivos:

– planejar e projetar os sistemas de telecomunicações dentro de sua área de concessão, para atingir as metas de desenvolvimento e os objetivos de serviço que lhe forem fixados;

– implantar, explorar e operar estes sistemas.

A TELEBRÁS emite o Anuário Nacional de Telecomunicações, com dados completos sobre as Empresas do Sistema TELEBRÁS, incluindo informações administrativas (endereço, natureza jurídica, pessoal etc.), informações financeiras (situação patrimonial e econômica) e informações técnicas (centros servidos, terminais, centrais etc.).

11.3.3 – A Organização da EMBRATEL

Podemos resumir, em termos gerais, a organização da EMBRATEL através da Fig. 11.9.

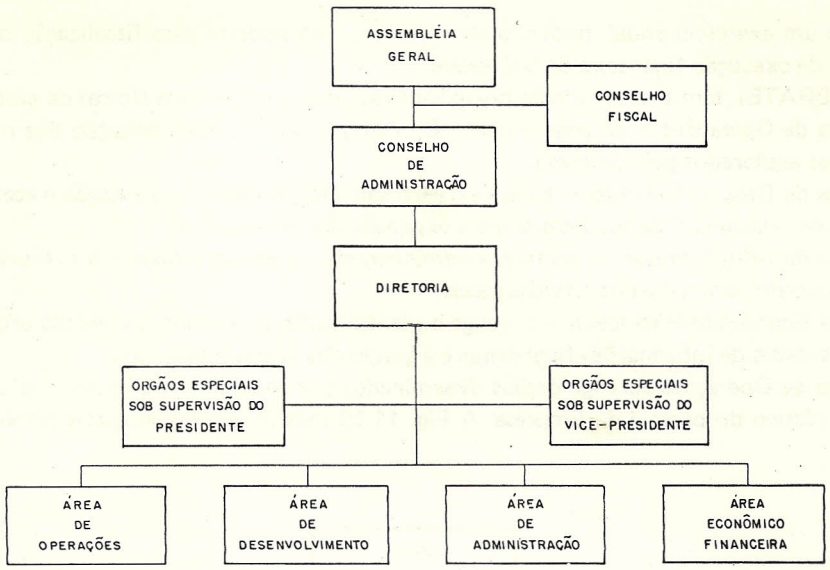


Fig. 11.9 — Estrutura Organizacional da EMBRATEL (1978).

A Empresa Brasileira de Telecomunicações S.A. (EMBRATEL) é regida superiormente pela lei das Sociedades por Ações, além de outros dispositivos pertinentes da legislação nacional, e tem seu funcionamento determinado por um Estatuto da Empresa e um Regimento de Sociedade.

A EMBRATEL atua centralizada, do ponto de vista normativo, e descentralizada, do ponto de vista executivo e operacional.

A Administração Superior da EMBRATEL consta de quatro órgãos:

a) a Assembléia Geral – composta pelo corpo de acionistas da Sociedade – é o órgão superior da Sociedade, com poderes para deliberar sobre todos os negócios relativos ao objeto social e tomar as providências que julgar convenientes à defesa e desenvolvimento da Sociedade.

b) os Órgãos de Administração, a saber:

b.1) o Conselho de Administração – composto de 3 a 4 membros, eleitos pela Assembléia Geral, com mandato de 3 exercícios anuais, podendo ser reeleitos ou destituídos, a qualquer tempo – – é um órgão de deliberação colegiada, com poderes para exercer a administração superior da Sociedade;

b.2) a Diretoria — composta de 6 membros, com mandato de 3 exercícios anuais, podendo ser reeleitos ou destituídos a qualquer tempo, dos quais o Presidente, que acumula também o cargo de Presidente do Conselho de Administração, é eleito pela Assembléia Geral e os demais membros, um Vice-Presidente e 4 Diretores Executivos, são eleitos pelo Conselho de Administração – é o órgão executivo da administração da Sociedade, atuando cada um de seus membros em áreas específicas.

c) o Órgão de Fiscalização — o Conselho Fiscal — composto de no mínimo 3 e no máximo 5 membros efetivos e suplentes em igual número, acionistas ou não, eleitos pela Assembléia Geral, com

mandato de um exercício anual, podendo ser reeleitos, com poderes para fiscalização de atos administrativos e da execução financeira da Sociedade.

A EMBRATEL tem suas atividades organizadas segundo quatro áreas típicas de atuação:

– Área de Operações – abrange a operação, manutenção e comercialização dos meios de telecomunicações explorados pela Empresa.

– Área de Desenvolvimento – abrange o planejamento, projeto, implantação e aceitação de novos sistemas de telecomunicações, bem como a expansão dos já existentes.

– Área de Administração – abrange a administração e desenvolvimento dos recursos humanos, a administração do material e dos serviços gerais.

– Área Econômica-Financeira – abrange o planejamento financeiro, o controle orçamentário, a gerência do sistema de informações financeiras e a gestão dos ativos financeiros.

A Área de Operações abrange órgãos disseminados por todo o território nacional e inclui cerca de 75% do efetivo do pessoal da Empresa. A Fig. 11.10 mostra, em linhas gerais como está organizada.

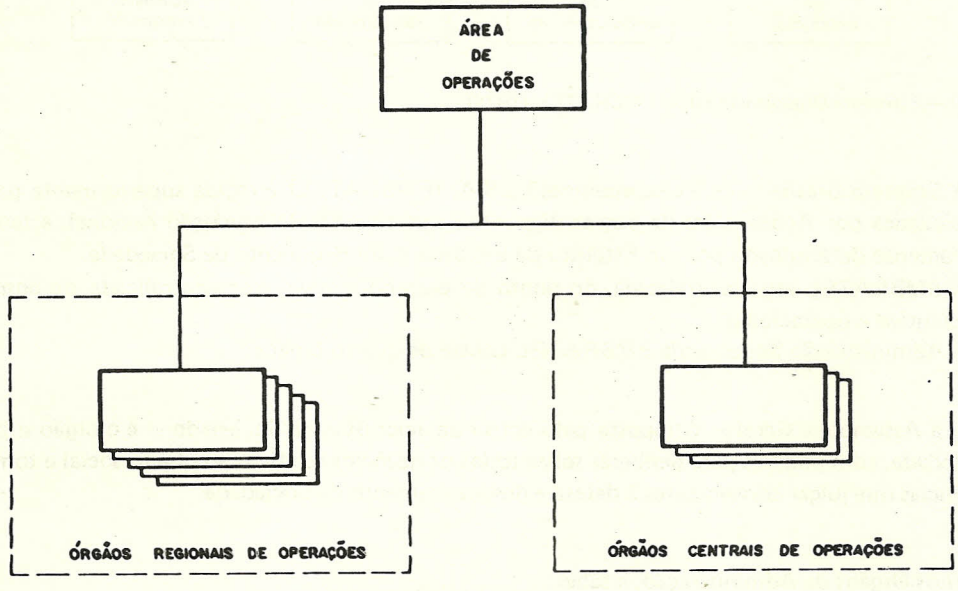


Fig. 11.10 – Organização da área de operações da EMBRATEL (1976).

Aos Órgãos Centrais de Operações cabem estabelecer a sistemática geral das atividades de operação, manutenção e controle da qualidade dos equipamentos, sistemas e instalações das Rede Nacional e Internacional de Telecomunicações da EMBRATEL, supervisionar sua aplicação em âmbito nacional, bem como planejar, organizar, coordenar e controlar, em âmbito nacional, a comercialização dos serviços nacionais e internacionais prestados pela Empresa.

Os Órgãos Regionais de Operação têm uma estrutura similar entre si, guardadas as proporções de magnitude organizacional, função dos problemas e da extensão dos serviços prestados em sua área de atuação, cabendo-lhes operar e manter os sistemas e equipamentos do Sistema Nacional de Telecomunicações, bem como implantar e comercializar os serviços sob a responsabilidade da EMBRATEL.

Dado que a EMBRATEL tem sua área de responsabilidade estendida a toda a área nacional, a gerência das atividades executivas é feita segundo critérios de divisão de responsabilidades, dentro de áreas geográficas.

A unidade básica neste esquema é o *Distrito de Operações*, cabendo-lhe plena responsabilidade sobre todas as atividades executivas operacionais na sua área de jurisdição. A supervisão de suas atividades é feita através de uma Superintendência Regional, constituindo o conjunto da Superintendência com seus Distritos supervisionados, uma Região de Operações.

11.3.4 – Serviços de Telecomunicações

O quadro descrito até o momento, representa o complexo nacional que se destina à prestação de serviços ao público. Entretanto, isto não representa o universo dos serviços de telecomunicações.

Neste ponto, é conveniente se fazer menção à classificação geral dos serviços de telecomunicações, constante do Regulamento do Código Brasileiro de Telecomunicações, que está reproduzida na Tab. 11.VII.

Tabela 11.VII

Classificação dos Serviços

(Regulamento Geral para o Código Brasileiro de Telecomunicações)

- **Quanto à natureza**
  - Serviço de Telefonia
  - Serviço de Telegrafia
  - Serviço de Telex
  - Serviço de Difusão de Sons e Imagens
  - Serviço de Transmissão de Dados
  - Serviço de Fac-símile
  - Serviço de Telecomando
  - Serviço de Radiodeterminação
- **Quanto aos fins a que se destinam**
  - Serviço Público
  - Serviço Público Restrito
  - Serviço Limitado
    - Múltiplos Destinos
    - Segurança, Regularidade, Orientação e Administração dos Transportes em Geral
    - Privado
    - Rural
  - Serviço de Radiodifusão
  - Serviço de Radioamador
  - Serviço Especial
    - de Sinais Horários
    - de Freqüência Padrão
    - de Boletins Meteorológicos
    - para fins Científicos ou Experimentais
    - de Música Funcional
    - de Radiodeterminação
- **Quanto ao âmbito**
  - Interior
  - Internacional

As seguintes definições esclarecem os termos constantes desta tabela:

— Serviço de Telefonia — destina-se à transmissão da palavra falada ou de sons. A principal modalidade deste serviço é o serviço público comutado, que permite a conexão entre dois usuários quaisquer, mediante o uso de recursos de comutação.

— Serviço de Telegrafia — destina-se à transmissão da palavra escrita, por meio de sinais codificados. A principal modalidade deste serviço e o telegrama, mensagem escrita, transmitida por telegrafia e a ser entregue ao destinatário.

— Serviço de Telex — modalidade do serviço de telegrafia que permite comunicação bilateral, realizado através de máquinas teleimpressoras, permitindo a conexão entre dois usuários quaisquer, mediante o uso de recursos de comutação.

— Serviço de Difusão de Sons ou Imagens — destina-se a divulgação de informação sonora (radiodifusão sonora) ou de informação sonora e visual (televisão), para ser recebido direta e livremente pelo público em geral.

— Serviço de Transmissão de Dados — destina-se à transmissão de sinais de dados, isto é, sinais codificados apropriados à operação de computadores e dispositivos similares, com a eventual facilidade de comutação ou de processamento para deteção e correção de erros na transmissão.

— Serviço de Fac-símile — destina-se à transmissão de imagens fixas, com ou sem meio tons, com a finalidade de reprodução de forma permanente, podendo a imagem ser constituída por linhas ou pontos de intensidade constante (fototelegrama) ou por linhas e pontos de intensidade variável (telefoto, radiofoto etc.).

— Serviço de Telecomando — destina-se à transmissão de sinais codificados, com a finalidade de executar comandos à distância.

— Serviço de Radiodeterminação — destina-se à determinação de uma posição ou obtenção de informação relativa a uma posição, mediante propriedades de propagação das ondas radioelétricas. A principal modalidade deste serviço é a radiogoniometria, em que se utiliza a recepção de ondas radioelétricas para determinar a direção e a posição de uma estação ou de um objeto.

— Serviço Público — é o serviço destinado à correspondência pública, ou seja, ao uso do público em geral. Pode ser um serviço fixo, isto é, prestado entre pontos fixos determinados ou um serviço móvel, isto é, prestado entre estações móveis e estações terrestres.

— Serviço Público Restrito — modalidade do serviço público, facultado ao uso de passageiros dos navios, aeronaves, veículos em movimento ou ao uso do público em localidades ainda não atendidas por serviço público de telecomunicações.

— Serviço Limitado — é o serviço executado por estações não abertas à correspondência pública e destinado ao uso de pessoas físicas ou jurídicas nacionais. Pode ser fixo ou móvel, neste último caso também podendo ser prestado de estação móvel a estação móvel. Abrange os seguintes tipos de correspondência:

— correspondência oficial — destinada a ser utilizada por uma única ou por um grupo de pessoas jurídicas de direito público, sendo classificada como do tipo *G* se efetuada por órgãos do Governo Federal, primordialmente responsáveis pelas atividades de segurança nacional ou como do tipo *L* se efetuada por órgãos dos Governos Estaduais, dos Territórios, dos Municípios e do Distrito Federal, incluindo-se ainda nesta definição a correspondência oficial dos órgãos do Governo Federal que não seja caracterizada como de segurança nacional.

— correspondência privada — destinada a ser utilizada por uma única ou por um grupo limitado de pessoas físicas ou jurídicas de direito privado.

— Serviço Limitado de Múltiplos Destinos — modalidade do serviço limitado executado por uma estação com a finalidade de fornecer informações diversas e seus assinantes, de acordo com a autorização que lhe foi outorgada, como por exemplo, serviços de agências de notícias, de informações financeiras (câmbio, bolsa de valores etc.).

— Serviço Limitado de Segurança, Regularidade, Orientação e Administração dos Transportes em Geral — modalidade do serviço limitado executado com a finalidade de promover o aprimoramento dos transportes do país.

Dado que a EMBRATEL tem sua área de responsabilidade estendida a toda a área nacional, a gerência das atividades executivas é feita segundo critérios de divisão de responsabilidades, dentro de áreas geográficas.

A unidade básica neste esquema é o *Distrito de Operações*, cabendo-lhe plena responsabilidade sobre todas as atividades executivas operacionais na sua área de jurisdição. A supervisão de suas atividades é feita através de uma Superintendência Regional, constituindo o conjunto da Superintendência com seus Distritos supervisionados, uma Região de Operações.

11.3.4 – Serviços de Telecomunicações

O quadro descrito até o momento, representa o complexo nacional que se destina à prestação de serviços ao público. Entretanto, isto não representa o universo dos serviços de telecomunicações.

Neste ponto, é conveniente se fazer menção à classificação geral dos serviços de telecomunicações, constante do Regulamento do Código Brasileiro de Telecomunicações, que está reproduzida na Tab. 11.VII.

Tabela 11.VII

Classificação dos Serviços

(Regulamento Geral para o Código Brasileiro de Telecomunicações)

Quanto à natureza	Serviço de Telefonia	
	Serviço de Telegrafia	
	Serviço de Telex	
	Serviço de Difusão de Sons e Imagens	
	Serviço de Transmissão de Dados	
	Serviço de Fac-símile	
	Serviço de Telecomando	
	Serviço de Radiodeterminação	
Quanto aos fins a que se destinam	Serviço Público	
	Serviço Público Restrito	
	Serviço Limitado	Múltiplos Destinos
		Segurança, Regularidade, Orientação e Administração dos Transportes em Geral
		Privado
		Rural
	Serviço de Radiodifusão	
	Serviço de Radioamador	
	Serviço Especial	de Sinais Horários
		de Freqüência Padrão
		de Boletins Meteorológicos
		para fins Científicos ou Experimentais
		de Música Funcional
		de Radiodeterminação
Quanto ao âmbito	Interior	
	Internacional	

As seguintes definições esclarecem os termos constantes desta tabela:

— Serviço de Telefonia — destina-se à transmissão da palavra falada ou de sons. A principal modalidade deste serviço é o serviço público comutado, que permite a conexão entre dois usuários quaisquer, mediante o uso de recursos de comutação.

— Serviço de Telegrafia — destina-se à transmissão da palavra escrita, por meio de sinais codificados. A principal modalidade deste serviço e o telegrama, mensagem escrita, transmitida por telegrafia e a ser entregue ao destinatário.

— Serviço de Telex — modalidade do serviço de telegrafia que permite comunicação bilateral, realizado através de máquinas teleimpressoras, permitindo a conexão entre dois usuários quaisquer, mediante o uso de recursos de comutação.

— Serviço de Difusão de Sons ou Imagens — destina-se a divulgação de informação sonora (radiodifusão sonora) ou de informação sonora e visual (televisão), para ser recebido direta e livremente pelo público em geral.

— Serviço de Transmissão de Dados — destina-se à transmissão de sinais de dados, isto é, sinais codificados apropriados à operação de computadores e dispositivos similares, com a eventual facilidade de comutação ou de processamento para deteção e correção de erros na transmissão.

— Serviço de Fac-símile — destina-se à transmissão de imagens fixas, com ou sem meio tons, com a finalidade de reprodução de forma permanente, podendo a imagem ser constituída por linhas ou pontos de intensidade constante (fototelegrama) ou por linhas e pontos de intensidade variável (telefoto, radiofoto etc.).

— Serviço de Telecomando — destina-se à transmissão de sinais codificados, com a finalidade de executar comandos à distância.

— Serviço de Radiodeterminação — destina-se à determinação de uma posição ou obtenção de informação relativa a uma posição, mediante propriedades de propagação das ondas radioelétricas. A principal modalidade deste serviço é a radiogoniometria, em que se utiliza a recepção de ondas radioelétricas para determinar a direção e a posição de uma estação ou de um objeto.

— Serviço Público — é o serviço destinado à correspondência pública, ou seja, ao uso do público em geral. Pode ser um serviço fixo, isto é, prestado entre pontos fixos determinados ou um serviço móvel, isto é, prestado entre estações móveis e estações terrestres.

— Serviço Público Restrito — modalidade do serviço público, facultado ao uso de passageiros dos navios, aeronaves, veículos em movimento ou ao uso do público em localidades ainda não atendidas por serviço público de telecomunicações.

— Serviço Limitado — é o serviço executado por estações não abertas à correspondência pública e destinado ao uso de pessoas físicas ou jurídicas nacionais. Pode ser fixo ou móvel, neste último caso também podendo ser prestado de estação móvel a estação móvel. Abrange os seguintes tipos de correspondência:

— correspondência oficial — destinada a ser utilizada por uma única ou por um grupo de pessoas jurídicas de direito público, sendo classificada como do tipo *G* se efetuada por órgãos do Governo Federal, primordialmente responsáveis pelas atividades de segurança nacional ou como do tipo *L* se efetuada por órgãos dos Governos Estaduais, dos Territórios, dos Municípios e do Distrito Federal, incluindo-se ainda nesta definição a correspondência oficial dos órgãos do Governo Federal que não seja caracterizada como de segurança nacional.

— correspondência privada — destinada a ser utilizada por uma única ou por um grupo limitado de pessoas físicas ou jurídicas de direito privado.

— Serviço Limitado de Múltiplos Destinos — modalidade do serviço limitado executado por uma estação com a finalidade de fornecer informações diversas e seus assinantes, de acordo com a autorização que lhe foi outorgada, como por exemplo, serviços de agências de notícias, de informações financeiras (câmbio, bolsa de valores etc.).

— Serviço Limitado de Segurança, Regularidade, Orientação e Administração dos Transportes em Geral — modalidade do serviço limitado executado com a finalidade de promover o aprimoramento dos transportes do país.

— Serviço Limitado Privado — modalidade do serviço limitado destinado a servir a uma única pessoa física ou jurídica nacional.

— Serviço Limitado Rural — modalidade do serviço limitado, autorizado a organizações rurais, com a finalidade de facilitar as relações entre elas e seus associados.

— Serviço de Radioamador — destina-se ao uso de amadores devidamente autorizados, interessados em radiotécnica, para fins de treinamento próprio, intercomunicação e investigações técnicas, unicamente a título pessoal e sem visar objetivo pecuniário ou comercial.

— Serviço Especial — é o serviço de telecomunicações não aberto à correspondência pública e destinado à realização de serviços específicos de interesse geral.

— Serviço Especial de Sinais Horários — é o serviço especial destinado à transmissão de sinais horários, isto é, sinais padronizados que permitam a aferição de relógios, com elevada precisão.

— Serviço Especial de Freqüência Padrão — é o serviço especial destinado à transmissão de freqüências específicas de reconhecida e elevada precisão, principalmente para fins científicos e técnicos.

— Serviço Especial de Boletim Meteorológicos — é o serviço especial destinado à transmissão de resultados de observações e previsões meteorológicas.

— Serviço Especial para Fins Científicos ou Experimentais — é o serviço especial destinado a efetuar experiências que possam contribuir para o progresso da ciência ou da técnica em geral.

— Serviço Especial de Música Funcional — é o serviço especial destinado à transmissão de música ambiente ou funcional para assinantes.

— Serviço Interior — é o serviço estabelecido entre estações brasileiras, fixas ou móveis, dentro dos limites da jurisdição territorial da União. Em particular, o serviço é dito urbano, se situa dentro dos limites de um município, e interurbano, se prestado por redes intermunicipais ou interestaduais.

— Serviço Internacional — é o serviço estabelecido entre estações brasileiras, fixas ou móveis e estações estrangeiras ou estações brasileiras móveis, que se achem fora dos limites da jurisdição territorial da União.

Freqüentemente para a prestação de serviços de mesma natureza, permitindo a comunicação de vários pontos entre si, as facilidades são arrumadas em termos de rede.

Considerando os serviços públicos, as principais redes são:

— a Rede Nacional de Telefonia;

— a Rede Nacional de Telex;

— a Rede Nacional de Estações Costeiras;

— a Rede Nacional de Transmissão de Dados;

— a Rede Nacional de Televisão.

Destas, as de Telex, Estações Costeiras e de Transmissão de Dados são de responsabilidade exclusiva da EMBRATEL. As de telefonia e televisão são de responsabilidade não só da EMBRATEL como das Empresas-Pólo.

É conveniente observar que uma rede pode usar facilidades de outra, como por exemplo, a Rede Nacional de Telex usa recursos da infra-estrutura da Rede Nacional de Telefonia e a Rede Nacional de Estações Costeiras usa os recursos de ambas a Rede Nacional de Telefonia e a Rede Nacional de Telex.

Considerando os serviços limitados, há a contar redes privadas de telefonia e redes privadas de telex, que podem ter um porte considerável, sendo ainda possível a interligação destas redes privadas com as redes públicas.

Entre os principais usuários de serviços limitados temos a relacionar:

— empresas do ramo de energia elétrica — como Furnas, Light etc. — tanto para fins administrativos como de apoio técnico (telemetria, supervisão, telecomando etc.);

— empresas do ramo bancário — como Banco do Brasil, Bradesco, Itaú etc.;

— órgãos governamentais — como Itamarati, Serpro etc.;

— empresas do ramo de transporte — como a Rede Ferroviária Federal, Varig, Vasp etc.;

— forças armadas – Exército, Marinha e Aeronáutica;
— órgãos de serviço público – como Polícia, Corpo de Bombeiros etc.;
— Petrobrás;
— empresas do ramo de radiodifusão, isto é, televisão e radiodifusão sonora – como a Rede Globo, Rede Tupi etc.;
— empresas do ramo de mineração – como a Vale do Rio Doce;
— etc.

É conveniente ainda observar que as facilidades da infra-estrutura de qualquer das redes públicas pode ser arrendada para os serviços limitados privados, podendo se constituir em partes de redes privadas. Na maior parte dos casos o arrendamento é feito em termos de circuitos. Assim, por exemplo, a rede CISDACTA da Aeronáutica, a rede da Marinha e a rede da Petrobrás possuem em sua estrutura circuitos arrendados da EMBRATEL, que cobrem uma fração considerável da área nacional.

Além disso, é possível uma configuração onde a participação da infra-estrutura das redes públicas é mais importante ainda: trata-se do fato de que é possível se especializar parte das centrais do sistema público para servir à formação de redes privadas. Assim, o usuário dispondo apenas dos terminais, arrenda todos os circuitos e as facilidades de comutação, formando a sua rede. É o caso do serviço CENTREX, formando redes privadas de comutação telefônica e da facilidade fornecida pelo SICRAM, da EMBRATEL, que permite a formação de redes privadas de comutação de mensagens.

Em termos dos serviços capazes de serem prestados pelas redes públicas, as empresas do Sistema TELEBRÁS dispõem de um órgão Comercial especializado na prestação de informações aos possíveis usuários.

11.3.5 – A Normalização Nacional em Telecomunicações

No tópico relativo aos organismos internacionais, ao mesmo tempo que descrevemos os organismos, mostramos também a sua área de ação no terreno normativo, geralmente em termos de recomendações. Estas recomendações são normalmente aceitas pelos países participantes, havendo quando necessária, a referenda oficial, para se transformarem em dispositivo obrigatório.

Estas recomendações, porém não são exaustivas, motivo pelo qual há necessidade de uma complementação ou por vezes de adaptação local, além do qual há certas políticas e diretrizes cuja natureza é tipicamente local.

O documento básico que rege as telecomunicações no Brasil é o Código Brasileiro de Telecomunicações, basicamente composto:

a) da Lei nº 4 117, de 27 de agosto de 1962 – que institui o Código Brasileiro de Telecomunicações;

b) do Decreto nº 52.026, de 20 de maio de 1963 – que institui o Regulamento Geral para a execução do Código Brasileiro de Telecomunicações;

c) do Decreto nº 52.795, de 31 de outubro de 1963 – que institui o Regulamento dos Serviços de Radiodifusão;

d) do Decreto nº 52.859, de 18 de novembro de 1963 — que institui o Plano Nacional de Telecomunicações;

e) do Decreto nº 53.352, de 26 de dezembro de 1963 — que institui o Regulamento do Fundo Nacional de Telecomunicações;

f) do Decreto nº 55.625, de 25 de janeiro de 1965 — que institui o Regimento Interno do Conselho Nacional de Telecomunicações;

g) do Decreto nº 58.555, de 31 de maio de 1966 — que institui o Regulamento aos serviços de Radioamador.

Estes documentos básicos foram reunidos em um volume único, distribuído pelo Departamento de Imprensa Nacional.

Entre outras coisas, estes documentos esclarecem as competências das diversas entidades, jurídicas ou físicas, na área de telecomunicações, e as regras para autorização, por concessão ou permissão, para a execução dos serviços de telecomunicações em âmbito nacional. Caracterizam-se como:

a) autorização — é o ato pelo qual o Poder Público competente concede ou permite a pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, a faculdade de executar e explorar, em seu nome e por conta própria, serviços de telecomunicações, durante um determinado prazo;

b) concessão — é a autorização outorgada pelo poder competente a entidades executoras de serviços públicos de telecomunicações, de radiodifusão sonora de caráter nacional ou regional e de televisão;

c) permissão — é a autorização outorgada pelo poder competente a pessoas físicas ou jurídicas para execução dos seguintes serviços:

— radiodifusão, de caráter local, não incluindo o de televisão;
— público restrito;
— limitado interior;
— radioamador;
— especial.

Um tópico especial é o que se refere à atribuição de freqüências para os serviços de telecomunicações, já que deve ser feito um emprego ordenado e econômico do espectro, garantindo o seu melhor aproveitamento e evitando interferências. Neste sentido, o DENTEL é o órgão que deve ser sempre consultado para a obtenção da devida autorização.

Este assunto é tão importante que está sendo montada uma moderna Rede de Radiomonitoragem, com estações fixas e estações móveis, capazes de fazer a radiogoniometria de qualquer fonte emissora, em praticamente toda a área nacional, além de permitir registros detalhados do espectro, inclusive para fins científicos. Esta rede, cuja responsabilidade de instalação e operação cabe, em última palavra, ao DENTEL, através de um convênio EMBRATEL/MINICOM, está, na sua fase inicial, com estas tarefas a cargo da EMBRATEL, sendo prevista uma gradual transferência de encargos ao DENTEL.

É conveniente observar que com a evolução do panorama das comunicações no Brasil, sente-se a necessidade de uma atualização do Código Brasileiro de Telecomunicações e isto está sendo providenciado pelo Ministério das Comunicações.

Os aspectos tarifários para a exploração comercial dos serviços de telecomunicações são analisados pelo DENTEL e a autorização é dada por portarias do Ministério das Comunicações.

No que diz respeito à normalização nacional das atividades na área de Telecomunicações, há várias fontes geradoras de normas:

a) em âmbito ministerial, o antigo CONTEL gerou várias NTC's (normas técnicas) e o Ministério tem gerado NG's (normas gerais).

Entre as NTC's merecem destaque especial a NTC-30, relativa à sinalização, e a NTC-32, relativa à numeração, que foram documentos básicos para o planejamento da Rede Nacional de Telefonia. Entre as NG's merece destaque a NG-01/75 que trata da alocação do espectro de radiofreqüências.

O Ministério das Comunicações está fazendo um estudo referente à consolidação e atualização dos documentos antigos.

b) em âmbito da TELEBRÁS, foram geradas Normas Técnicas e Especificações e atualmente foi criado o Sistema de Práticas Telebrás (SPT), referido com mais detalhes adiante;

c) além disso, as próprias Empresas do Sistema Telebrás possuem um corpo normativo próprio.

O Sistema de Práticas Telebrás é um sistema formal de comunicações, visando os objetivos principais de:

a) assegurar a eficiente divulgação das políticas e objetivos estabelecidos para as Empresas do Sistema TELEBRÁS;

b) assegurar a uniformização de materiais, métodos, procedimentos e terminologia a serem empregados no trabalho correspondente das Empresas do Sistema TELEBRÁS;

c) assegurar a compatibilidade dos métodos e procedimentos entre si, e destes com as políticas estabelecidas;

d) consolidar todos os conhecimentos necessários ao desempenho de todas as atividades nas Empresas do Sistema TELEBRÁS,

e) facilitar o acesso às informações de interesse, através do uso de uma classificação lógica e sistemática dos tipos de equipamentos, categorias de informações e grupos de atividades desenvolvidas nas Empresas do Sistema TELEBRÁS;

f) prover um canal eficiente de transferência de conhecimento dentro do sistema TELEBRÁS;

g) racionalizar a utilização dos recursos necessários à elaboração, divulgação e atualização dos documentos de interesse do Sistema TELEBRÁS;

h) assegurar uniformidade de apresentação, organização e disposição do conteúdo dos documentos, de modo a facilitar a sua utilização;

i) racionalizar e uniformizar o treinamento do pessoal.

Os documentos básicos do SPT são:

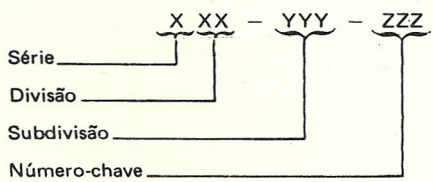
a) Diretriz – documento formal do SPT que tem como finalidade divulgar as políticas e objetivos estabelecidos para as Empresas do Sistema TELEBRÁS;

b) Prática – documento formal do SPT que fornece informações sobre materiais e equipamentos ou descreve métodos e procedimentos que devem ser empregados no trabalho corrente das Empresas do Sistema TELEBRÁS.

Práticas ou Diretrizes afins podem ser reunidas em um único volume, designado como Manual.

A elaboração dos documentos do SPT pode valer tanto à TELEBRÁS, quanto às Empresas operadoras, e, ainda no caso de Práticas, pode ser solicitado a entidades externas (fabricante, consultor, laboratório etc.), mas a supervisão geral, compatibilização e numeração cabem à TELEBRÁS. Para auxiliar o trabalho da confecção dos documentos da SPT, foi estabelecida uma Prática "Guia do Redator" (SPT Nº 101-001-001).

Os documentos do SPT são numerados atendendo a um plano de codificação de vários níveis, cuja estrutura é mostrada abaixo.



Esta estrutura permite, em princípio, codificar até 10^9 documentos, mas, na prática, a capacidade cai um pouco, devido a critérios adicionais do detalhamento da classificação. Estão previstas as séries:

0 – Diretrizes
1 – Administração
2 – Engenharia
3 – Economia e Finanças
4 – Comercial
5 – Planta
6 – Tráfego
7 – Recursos Humanos.

O Sistema de Práticas TELEBRÁS está sendo implantado rapidamente e, dada a importância que a TELEBRÁS lhe atribuiu, foi criada uma Assessoria de Coordenação do Sistema de Práticas, para a sua supervisão e coordenação geral.

As Empresas do Sistema TELEBRÁS possuem ainda corpos normativos próprios. Por exemplo, na Área de Operações da EMBRATEL são editados um Manual de Operações e Manutenção (MAN-OPM) e um Manual Comercial (MAN-COM), respectivamente, sob a responsabilidade do Departamento de Coordenação de Operações e do Departamento de Coordenação Comercial.

Cabe ainda citar que, sobre tudo no que se refere à fabricação e instalação de equipamentos, algumas normas de outras entidades, fora do Sistema TELEBRÁS, influem no trabalho de operações. Destas entidades, a mais importante é a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que na área de Telecomunicações tem coordenado seus trabalhos com a TELEBRÁS.

12

Gerência de Sistema Multiplex

12.1 – INTRODUÇÃO

Os sistemas multiplex, tanto o FDM como o TDM, apresentados em detalhe nos capítulos anteriores, servem como concentradores para uma extensa gama de serviços de telecomunicações (telefonia, telex, transmissão de dados etc.), visando utilizar, de maneira mais eficiente, os meios de transmissão de alta capacidade, conforme ilustramos nas Figs. 2.19 e 10.47.

Destas figuras podemos verificar que os sistemas multiplex possuem dois grupos de interfaces, ou seja, a interface da banda básica ou do sinal TDM com o meio de transmissão e a interface das facilidades do multiplex (canais etc.) com os usuários (Centrais Telefônicas, Centrais Telex e assinantes privados, que englobam telefonia, telegrafia, dados, fac-símile etc.).

Os conceitos de gerência, que serão apresentados neste capítulo, se relacionam com uma rede de grande porte como o sistema que compõe a Rede Nacional de Transmissão do Brasil. Entretanto, os princípios básicos são universais, aplicando-se a sistemas de natureza diferente ou porte distinto, tais como os sistemas de transmissão internacionais ou sistemas de transmissão particulares.

Como as atividades de gerência devem estar ligadas diretamente às características do sistema, inicialmente descreveremos a constituição da Rede Nacional de Transmissão, como um exemplo de rede de grande porte.

12.2 – REDE NACIONAL DE TRANSMISSÃO

O Ministério das Comunicações do Brasil define os seguintes tipos de correspondência para os sistemas de telecomunicações:

– *Correspondência oficial*

Telecomunicação efetuada através de sistemas destinados a serem utilizados por uma única ou por um grupo limitado de pessoas jurídicas de direito público.

— *Correspondência oficial (G)*

É a correspondência oficial efetuada por órgãos do Governo Federal, primordialmente responsáveis pelas atividades de segurança nacional.

— *Correspondência oficial (L)*

É a correspondência oficial efetuada por Governos Estaduais, dos Territórios, dos Municípios e do Distrito Federal. Inclui-se nessa definição a correspondência oficial de órgãos do Governo Federal que não seja caracterizada como de segurança nacional.

— *Correspondência privada*

Telecomunicação efetuada através de sistemas destinados a serem utilizados por uma única ou por um grupo limitado de pessoas físicas ou jurídicas de direito privado.

— *Correspondência pública*

Telecomunicação efetuada através de sistemas a serem utilizados pelo público em geral.

Para atender à Correspondência pública, foi estabelecida a Rede Nacional de Transmissão do Brasil, que é dividida nos sistemas intra-estaduais, operados pelas Empresas Pólo, responsáveis pelas telecomunicações em cada unidade da federação, e no sistema interestadual, operado pela Embratel. Em cada unidade da federação existem estações terminais multiplex, que concentram as informações de usuários dos diversos serviços de telecomunicações, para os meios de transmissão de alta capacidade da Empresa Pólo ou da Embratel, segundo a comunicação seja dentro da unidade da federação ou para regiões distantes.

A Fig. 12.1 apresenta a constituição da rede de multiplex da Embratel, representada pelas estações terminais das cidades das diversas unidades da federação e pelos meios de transmissão empregados, que são, em maioria, troncos de microondas.

Fig. 12.1 — Sistema de telecomunicações (continua).

Sigla	*Localidade*	*Sigla*	*Localidade*
AFL	Alta Floresta	MNS	Manaus
AJU	Aracaju	MPA	Macapá
AMM	Almerim	MTMO	Montimó
ANS	Anápolis	NTL	Natal
ATM	Altamira	OPQ	Oiapoque
BAL	Balsas	PAE	Porto Alegre
BHE	Belo Horizonte	PAR	Parintins
BLM	Belém	PCIS	Parecis
BNU	Blumenau	PPE	Presidente Prudente
BRU	Bauru	PVO	Porto Velho
BSA	Brasília	RBO	Rio Branco
BVA	Boa Vista	RCE	Recife
CBA	Cuiabá	RJO	Rio de Janeiro
CIM	Cachoeiro de Itapemirim	ROND	Rondônia
CMA	Corumbá	RPO	Ribeirão Preto
CPE	Campo Grande	RVD	Rio Verde
CRI	Coari	SDR	Salvador
CTA	Curitiba	SGI	Salgueiro
CZU	Cruzeiro do Sul	SLS	São Luís
FEN	Fernando de Noronha	SNO	Sinop
FLA	Fortaleza	SPO	São Paulo
FNS	Florianópolis	SRM	Santarém
CGI	Chapada dos Guimarães	TABG	Tabatinga
GNA	Goiânia	TANG	Tanguá
GPI	Gurupi	TFE	Tefé
GUM	Guajará-Mirim	TSA	Teresina
GVS	Governador Valadares	UCUM	Urucum
HUT	Humaitá	ULA	Uberlândia
IAB	Itaituba	URA	Uberaba
IOT	Itacoatiara	VCA	Vitória da Conquista
ITZ	Imperatriz	VILH	Vilhena
JFA	Juiz de Fora	VTA	Vitória
JPA	João Pessoa		
JVE	Joinville		
MCO	Maceió		
MIC	Manicoré		

Fig. 12.1 – Continuação.

Como podemos notar por este mapa, tal sistema enfrenta alguns problemas, devido a:

— Grande extensão do território brasileiro, apresentando distâncias de norte a sul da ordem de 4 320 Km, e de leste a oeste da ordem de 4 328 Km. Deste modo, entre os pontos extremos do país, como por exemplo entre as cidades de Belém e Porto Alegre, um sinal trafega por um circuito que ultrapassa os 2 500 Km associados ao circuito hipotético de referência do CCITT. Devido a isto, torna-se difícil estabelecer índices de qualidade para tais circuitos.

— Diversas regiões climáticas (quente-superúmido, quente-seco e temperado-úmido), o que ocasionam influências em vários aspectos, como por exemplo corrosão por ferrugem nas regiões mais úmidas e próximas ao litoral (ação da salinidade), variações nas condições de radiopropagação etc.

— Distribuição geográfica irregular da população e dos centros econômicos, tornando difícil o roteamento ótimo dos sistemas multiplex.

O sistema multiplex em uso atualmente no Brasil é do tipo FDM, restringindo-se o emprego do TDM-PCM à interligação entre Centrais Telefônicas Urbanas (linhas tronco), e os sistemas TDM para transmissão interestadual de telegrafia e sinais de dados que utilizarão, respectivamente, canais e grupos do FDM como meio de transmissão.

A rede da Embratel possui, atualmente (dezembro 1982), cerca de 51 500 canais FDM instalados. A maior parte dos sistemas multiplex que a constituem, têm capacidades de 900 canais, 1800 canais e 2 700 canais, sendo obtidos através do Procedimento nº 1 de translação do CCITT. O meio de transmissão empregado por estes sistemas é constituído, em sua maioria, de troncos de microondas em visibilidade, operando na faixa de 4 GHz e 6 GHz.

A interligação dos principais centros urbanos a esses troncos de microondas é normalmente feita através de sistema rádio na faixa de 11 GHz, ou cabo coaxial de alta capacidade, instalado entre a estação terminal multiplex, no interior da cidade, e uma estação multiplex de apoio à margem do perímetro urbano, onde também se localiza a estação terminal rádio do tronco de microondas. No caso de grandes centros, como Rio de Janeiro, São Paulo, Belo Horizonte, Salvador, Curitiba etc. existem duas estações multiplex de apoio, com entradas através de sistemas independentes (em 11 GHz ou em coaxiais) para duas terminais, também interligadas entre si. Dessa forma, as comunicações de entrada e saída dessas cidades são distribuídas através de um sistema em anel, que permite uma maior segurança de continuidade das comunicações, no caso de falhas numa daquelas estações.

O sistema em anel na entrada da cidade de S. Paulo possui o equipamento multiplex de maior capacidade instalado no Brasil (10 800 canais), utilizando o cabo coaxial como meio de transmissão.

O único sistema multiplex de alta capacidade da Embratel que emprega o Procedimento de translação nº 2 do CCITT, interliga as cidades de Curitiba, Joinville, Blumenau e Florianópolis.

Nas regiões inóspitas da Amazônia e oeste do país, o meio de transmissão utilizado é o radio-tropodifusão, que limita, atualmente, em 180 canais a capacidade dos sistemas multiplex entre as localidades de Belém-Manaus, Campo Grande-Manaus e Porto Velho-Rio Branco. Entretanto, já existe em andamento a implantação de sistemas multiplex de alta capacidade, que empregam microondas em visibilidade como meio de transmissão, a fim de atender as necessidades crescentes dos diversos serviços de telecomunicações daquelas regiões (tronco Cuiabá-Porto-Velho-1982).

Algumas cidades mais afastadas, como Manaus, Porto-Velho, Rio Branco, Macapá, Cruzeiro do Sul, Santarém, Oiapoque, Altamira, Itaituba, Sinop, Alta Floresta, Tabatinga, Tefé, Coari, Amapá, Balsas e Fernando de Noronha não alcançadas atualmente pelos sistemas em visibilidade (existem, nesses locais sistemas em tropodifusão), são servidas por estações terrenas de enlace via satélite, para o tráfego de televisão e também tráfego adicional de telefonia. Essas estações terrenas são ligadas via satélite com a estação de Tanguá, por onde passa todo o tráfego a elas destinado, ou delas proveniente.

Nas redes estaduais são empregados sistemas multiplex de baixa, média e alta capacidade, utilizando-se como meios de transmissão sistemas rádio, respectivamente, nas faixas de VHF, UHF e SHF.

A interligação da rede estadual à rede da Embratel é feita a nível de multiplex, isto é, multiplex da Empresa Pólo ligado ao multiplex da Embratel, empregando um meio de transmissão qualquer.

Com relação às ligações internacionais, temos os seguintes sistemas no Brasil:

— *Sistema via satélite*, através da estação terrena de Tanguá, no Estado do Rio de Janeiro, servindo aos assinantes de todos os serviços de telecomunicações.

— *Sistemas via cabo submarino.*

• *BRACAN*

Sistema pertencente ao Brasil e à Espanha, constituído de dois trechos: o primeiro, da cidade de Recife às Ilhas Canárias, e o segundo até a cidade de Conil na Espanha. O equipamento multiplex deste sistema é constituído de 160 canais de 3 KHz de faixa.

• *BRUS*

Sistema pertencente ao Brasil, USA e Venezuela, constituído de dois trechos: o primeiro, da cidade de Fortaleza à cidade de St. Thomas (Ilhas Virgens), e o segundo até a Flórida (USA). O equipamento multiplex deste sistema é constituído de 640 canais de 4 KHz.

• *ATLANTIS:* entre Recife e Burgau (Portugal), com duas seções: Recife-Dakar e Dakar-Burgau. Este cabo pertence à EMBRATEL (Brasil), PTRE (França), BTI (Inglaterra), CPRM (Portugal), Telesenegal (Senegal), INTELCI (Costa Marfim), DBP (Alemanha Ocidental), Italcable (Itália) e Gentel Viena (Áustria).

O equipamento multiplex deste sistema é constituido de 1 380 canais de 4 kHz.

– *Sistemas de microondas* em visibilidade interligando o Brasil à Argentina e o Brasil ao Paraguai, cujos sistemas multiplex têm, respectivamente, 60 canais e 120 canais.

12.3 – GERÊNCIA TÉCNICO-OPERACIONAL DE UMA REDE MULTIPLEX

Para garantir o bom funcionamento dos diversos serviços de telecomunicações prestados pelas empresas responsáveis pela rede de transmissão, há necessidade de se estabelecerem mecanismos de gerência para as diversas áreas de atividades básicas dessas empresas, tais como: técnica, comercial, econômico-financeira, pessoal, material etc.

Naturalmente, estes mecanismos de gerência devem ser estabelecidos, para as diversas áreas, dentro de uma mesma filosofia geral, ditada pelos objetivos da empresa.

Dentro da área de atividade técnica teremos, por exemplo, a gerência de implantação de novos sistemas na rede, gerência de desenvolvimento de novos equipamentos e a gerência técnico-operacional dos sistemas em operação na rede, que é o objetivo deste capítulo.

A finalidade da gerência técnico-operacional é o bom funcionamento dos serviços de telecomunicações prestados pela rede, sendo alcançado através de um alto grau de eficiência de utilização das facilidades desta rede e ótimo desempenho dos equipamentos que a compõem.

Nos sistemas FDM para telefonia, basicamente temos dois tipos de estações, conforme já vimos anteriormente: estações multiplex terminais e estações multiplex de apoio.

Nos sistemas FDM para telegrafia e nos sitemas TDM para telefonia, telegrafia ou dados, existem somente estações multiplex terminais.

As estações multiplex terminais podem ser do tipo atendida ou não atendida. No primeiro caso existe uma equipe técnica sediada, a quem cabe a responsabilidade direta do funcionamento do sistema.

Nas estações multiplex terminais não atendidas e nas estações multiplex de apoio, os equipamentos são telesupervisionados pela estação multiplex terminal atendida mais próxima, sendo as intervenções, do tipo programada ou eventual, que sejam necessárias nos equipamentos, executadas pela equipe sediada naquela estação terminal.

As atividades executadas pelas equipes técnicas do multiplex, vão desde a supervisão do sistema, até o controle dos meios materiais necessários à manutenção do mesmo. Estas atividades podem ser divididas em dois grupos, designados por *atividades de operação* e *atividades de manutenção*.

Deste modo, a gerência técnico-operacional do multiplex é dividida em duas classes de gerência, a *gerência de operações* e a *gerência de manutenção*, cujos conceitos serão focalizados no decorrer do capítulo.

Entretanto, para melhor caracterizarmos esta gerência técnico-operacional, é necessário que apresentemos um diagrama em blocos do multiplex e de suas interfaces, englobando todas as técnicas e usuários indicados nas Figs. 2.19 e 10.47. Este diagrama está apresentado na Fig. 12.2.

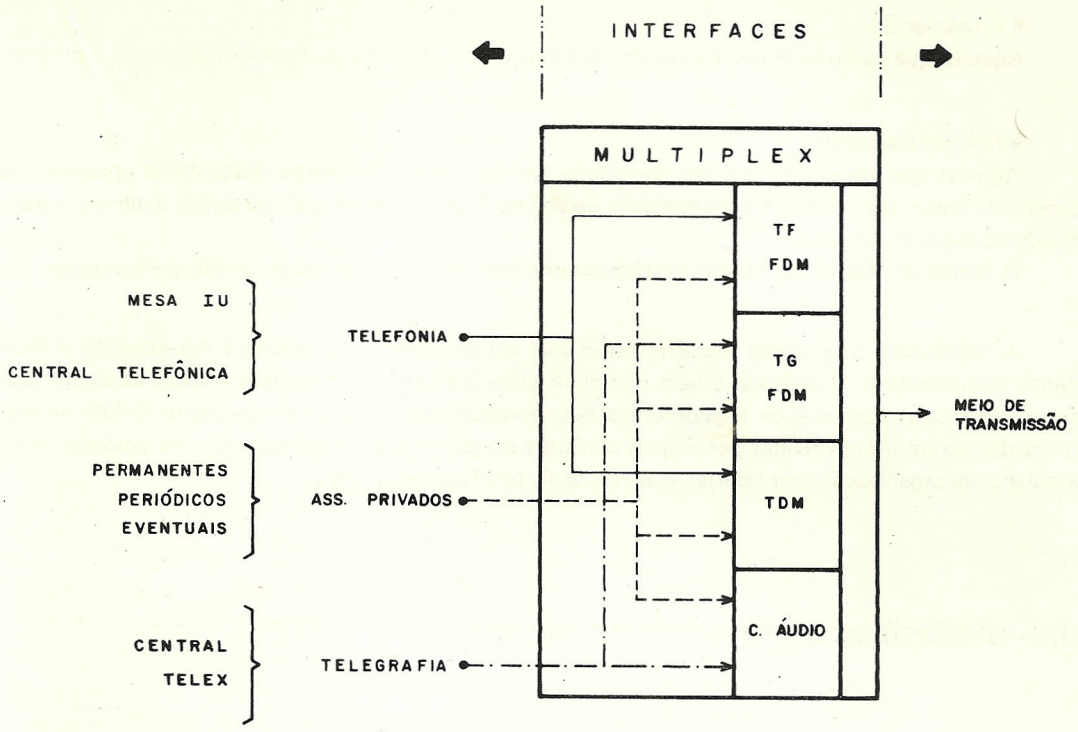


Fig. 12.2 – Interfaces do multiplex.

Como podemos ver pela Fig. 12.2, com relação às técnicas envolvidas no multiplex, distinguimos 4 áreas: multiplex telefônico FDM (TP FDM), multiplex telegráfico FDM (TG FDM), TDM e centro de áudio (C. ÁUDIO).

Com relação aos usuários, estes foram divididos em três grupos, a saber:

— *Telefonia*

Que podem se interligar ao multiplex telefônico FDM ou ao TDM.

— *Telegrafia*

Que podem se interligar ao multiplex telegráfico FDM ou ao TDM.

— *Assinantes privados*

Que podem se interligar ao multiplex telefônico FDM, multiplex telegráfico FDM, ao TDM ou ao Centro de Áudio.

Os assinantes privados, como já vimos, podem ser de dois tipos:

• *Permanentes*

Aqueles que possuem à sua disposição, ininterruptamente, uma ou mais facilidades do multiplex.

• *Não permanentes*

Aqueles que necessitam de uma facilidade por um espaço de tempo descontínuo, podendo ser *periódico*, como por exemplo a transmissão de voz no Brasil, ou *eventual*, como por exemplo a transmissão de jogos de futebol.

O Centro de Áudio é utilizado exclusivamente para os assinantes privados não permanentes.

A subdivisão da gerência técnico-operacional em gerências de operação e manutenção é meramente classificatória. O objetivo é bem distinguir estas atividades que existem, muitas vezes de modo algo confuso, em empresas de telecomunicações, principalmente nas de menor porte. O fato de essas atividades serem desenvolvidas por órgãos distintos ou por equipes distintas, de uma empresa, é um problema de organização empresarial, que não está abordado neste texto.

12.4 – GERÊNCIA DE OPERAÇÃO DO SISTEMA MULTIPLEX

As atividades de operação podem ser definidas como o conjunto de procedimentos destinados a otimizar a eficiência do sistema, através do emprego racional de todas as facilidades do mesmo.

As atividades de operação podem ser classificadas em dois grupos, da seguinte forma:

Atividades Diretas de Operação
- – Operação de sistema
- – Operação de equipamento
- – Supervisão e controle
- – Ações de emergência

Atividades Indiretas de Operação
- – Emissão de documentação técnico-operacional
- – Avaliação da qualidade da operação
- – Avaliação do treinamento
- – Otimização da operação

12.4.1 – Atividades Diretas de Operação

São tarefas previamente estabelecidas, de caráter de rotina ou eventual, executadas diretamente sobre o sistema ou equipamento.

A seguir analisaremos, individualmente, cada uma dessas atividades.

a) Operação de sistema

A operação do sistema multiplex consiste das atividades de utilização e modificação das configurações (roteamento) do sistema implantado, visando atender às necessidades de tráfego dos usuários.

Conforme vimos anteriormente, o sistema multiplex apresenta dois grupos de interfaces, ou seja, a interface com o meio de transmissão e a interface com os usuários.

Na interface com o meio de transmissão, as atividades diretas de operação são desenvolvidas junto à equipe responsável por este meio.

Muito embora tenhamos uma grande variedade de meios de transmissão, as atividades diretas de operação do sistema, nestas interfaces, não apresentam diferenças, podendo-se citar com exemplos:

— Informar à equipe responsável pelo meio de transmissão, sobre a baixa qualidade eventualmente observada em testes de transmissão de multiplex a multiplex, através de alarmes, ou ainda como conseqüência de reclamações dos usuários dos serviços;

— Participação, junto à equipe responsável pelo meio de transmissão, na ativação de novos sistemas multiplex e roteamento daqueles já ativados;

— Coordenação, junto à equipe responsável pelo meio de transmissão, das providências necessárias para alinhamentos de sistema multiplex que envolvam o meio de transmissão.

Na interface com os usuários, as atividades diretas de operação de sistema são desenvolvidas junto à equipe de telefonia (Central Telefônica), junto à equipe de telex (Central Telex) e junto aos assinantes privados. Essas atividades são executadas pela equipe de multiplex sediada na estação terminal. Entretanto, quando o tráfego de assinantes privados não permanentes é muito grande, existe uma equipe especial no Centro de Áudio, para realizar as atividades de operação deste centro.

Como existem algumas diferenças entre as atividades, conforme seja o usuário, estas serão apresentadas separadamente:

a.1) Central telefônica

Para este usuário do sistema multiplex, as principais atividades de operação direta, são:

— Atendimento das reclamações recebidas da equipe de telefonia quanto à baixa qualidade ou interrupção de circuitos. Estas reclamações podem ser originadas pela telefonista da mesa IU ou através de resultados de testes do ATME (AUTOMATIC TRANSMISSION MEASURING EQUIPMENT – Equipamento de Medidas Automáticas de Transmissão), situado junto aos equipamentos de comutação que, periodicamente, realiza testes dos circuitos empregados pela Central Telefônica Automática;

— Modificação de distribuidores para atender a roteamentos de tráfego telefônico;

— Participação, junto à equipe de telefonia, na ativação de novos circuitos ou roteamento dos existentes;

— Coordenação, junto à equipe de telefonia, quando forem executados testes no multiplex que interrompam seus circuitos.

a.2) Central telex

Para este usuário do multiplex, as principais atividades de operação direta são:

— Atendimento das reclamações recebidas da equipe de telex quanto à baixa qualidade ou interrupção de circuitos. Estas reclamações podem ser originadas através de equipamentos de supervisão de tráfego telex, situados na Central Telex, ou através de testes periódicos executados pela equipe de telex;

— Modificação de distribuidores para atender a roteamentos de tráfego telex;

— Participação, junto à equipe de telex, na ativação de novos circuitos para telegrafia ou roteamento dos existentes;

— Coordenação, junto à equipe de telex, quando forem executados testes no multiplex que interrompam seus circuitos.

a.3) *Assinantes privados*

Conforme vimos anteriormente, estes usuários podem ser divididos em dois grupos:

— Os assinantes privados permanentes, que empregam os circuitos alugados para transmissões telefônicas, telegráficas, dados, fac-símile etc.;

— Os assinantes privados não permanentes que, através do Centro de Áudio, empregam os circuitos alugados, principalmente, para transmissões radiofônicas (Voz do Brasil, jogos de futebol etc.) e áudio das transmissoras de TV (vários sons da mesma transmissão esportiva são enviados pelos circuitos multiplex, enquanto o sinal de vídeo com o áudio associado é transmitido pelo canal rádio, através do Centro de TV, conforme a Fig. 2.19), bem como utilizam o canal programa para transmissões musicais de alta fidelidade.

As atividades diretas, de operação de sistema, mais importantes são:

— Atendimento à reclamações recebidas dos assinantes privados;

— Realização de verificações e ajustes nas LP's dos assinantes privados, antecedendo às ativações de circuitos;

— Ativação de circuitos privados permanentes;

— Ativação e desativação de circuitos privados não permanentes.

Um aspecto importante, com relação aos assinantes privados, é que, geralmente, os equipamentos terminais dos mesmos são de responsabilidade da empresa de telecomunicações, como por exemplo as máquinas teleimpressoras, os modem's digitais e analógicos etc. Deste modo, as reclamações relativas aos problemas ocorridos nestes equipamentos são recebidas pela equipe do multiplex, porém o atendimento é feito por outra equipe.

b) *Operação de equipamentos*

A operação dos equipamentos multiplex consiste das atividades de verificação do desempenho dos equipamentos e eventuais ajustes das características dos mesmos, quando os desvios encontrados não caracterizam necessidade de manutenção.

As seguintes atividades diretas podem ser citadas como exemplos de operação dos equipamentos multiplex:

— Leitura periódica das características fornecidas pelos medidores incorporados aos bastidores dos equipamentos, tais como tensões e correntes das fontes, freqüências e níveis dos geradores, funcionamento dos reguladores automáticos etc.;

— Verificação das freqüências dos osciladores mestres e relógios do multiplex, através de comparação com uma freqüência padrão, conforme uma sistemática preestabelecida;

— Ajustes das características obtidas pelas leituras periódicas, para os valores nominais, desde que não se caracterize um defeito que exija a realização de uma manutenção;

— Limpeza e verificação periódica do estado dos bastidores, troca de lâmpadas indicativas de alarmes de unidades, bastidores e filas;

— Verificação das instalações dos equipamentos, cabeação, aterramento e condições ambientais (temperatura e umidade).

É importante se observar que, nos equipamentos multiplex atuais, existe uma crescente tendência de automatização das atividades de operação. Por exemplo, alguns equipamentos executam a veri-

a) Operação de sistema

A operação do sistema multiplex consiste das atividades de utilização e modificação das configurações (roteamento) do sistema implantado, visando atender às necessidades de tráfego dos usuários.

Conforme vimos anteriormente, o sistema multiplex apresenta dois grupos de interfaces, ou seja, a interface com o meio de transmissão e a interface com os usuários.

Na interface com o meio de transmissão, as atividades diretas de operação são desenvolvidas junto à equipe responsável por este meio.

Muito embora tenhamos uma grande variedade de meios de transmissão, as atividades diretas de operação do sistema, nestas interfaces, não apresentam diferenças, podendo-se citar com exemplos:

— Informar à equipe responsável pelo meio de transmissão, sobre a baixa qualidade eventualmente observada em testes de transmissão de multiplex a multiplex, através de alarmes, ou ainda como conseqüência de reclamações dos usuários dos serviços;

— Participação, junto à equipe responsável pelo meio de transmissão, na ativação de novos sistemas multiplex e roteamento daqueles já ativados;

— Coordenação, junto à equipe responsável pelo meio de transmissão, das providências necessárias para alinhamentos de sistema multiplex que envolvam o meio de transmissão.

Na interface com os usuários, as atividades diretas de operação de sistema são desenvolvidas junto à equipe de telefonia (Central Telefônica), junto à equipe de telex (Central Telex) e junto aos assinantes privados. Essas atividades são executadas pela equipe de multiplex sediada na estação terminal. Entretanto, quando o tráfego de assinantes privados não permanentes é muito grande, existe uma equipe especial no Centro de Áudio, para realizar as atividades de operação deste centro.

Como existem algumas diferenças entre as atividades, conforme seja o usuário, estas serão apresentadas separadamente:

a.1) Central telefônica

Para este usuário do sistema multiplex, as principais atividades de operação direta, são:

— Atendimento das reclamações recebidas da equipe de telefonia quanto à baixa qualidade ou interrupção de circuitos. Estas reclamações podem ser originadas pela telefonista da mesa IU ou através de resultados de testes do ATME (AUTOMATIC TRANSMISSION MEASURING EQUIPMENT – Equipamento de Medidas Automáticas de Transmissão), situado junto aos equipamentos de comutação que, periodicamente, realiza testes dos circuitos empregados pela Central Telefônica Automática;

— Modificação de distribuidores para atender a roteamentos de tráfego telefônico;

— Participação, junto à equipe de telefonia, na ativação de novos circuitos ou roteamento dos existentes;

— Coordenação, junto à equipe de telefonia, quando forem executados testes no multiplex que interrompam seus circuitos.

a.2) Central telex

Para este usuário do multiplex, as principais atividades de operação direta são:

— Atendimento das reclamações recebidas da equipe de telex quanto à baixa qualidade ou interrupção de circuitos. Estas reclamações podem ser originadas através de equipamentos de supervisão de tráfego telex, situados na Central Telex, ou através de testes periódicos executados pela equipe de telex;

— Modificação de distribuidores para atender a roteamentos de tráfego telex;

ficação e correção automática da freqüência dos geradores, em comparação com uma freqüência padrão.

c) Supervisão e controle

As atividades de supervisão e controle do multiplex, se relacionam tanto às falhas, como à qualidade do sistema.

Dentre essas atividades podemos destacar as seguintes:

— Verificação da qualidade através de testes periódicos de sistema recomendados pelo CCITT, tais como medidas de nível e ruído no multiplex telefônico FDM;

— Ajustes das características obtidas pelos testes periódicos, para os valores nominais, desde que não se caracterize um defeito que exija a realização de uma manutenção;

— Monitoração de qualidade das transmissões dos assinantes privados periódicos ou eventuais, compensando as degradações com as facilidades do Centro de Áudio (amplificadores, equalizadores etc.);

— Monitoração das anormalidades de sistema e equipamento através de alarmes, registrando os eventos segundo uma sistemática prefixada, bem como informando a equipe responsável pela manutenção.

d) Ações de emergência

As ações de emergência consistem em atividades de operação, executadas quando ocorrerem anormalidades de grandes proporções, tais como interrupção total de uma rota multiplex que escoe um tráfego intenso de serviços, ou falhas em circuitos empregados para Correspondência Oficial (G).

As atividades a serem realizadas em tais situações, devem estar detalhadas em *planos de emergência*, podendo envolver roteamentos dentro de uma mesma banda básica ou sinal TDM, até mesmo utilizando vias alternativas. É importante que estes planos de emergência sejam de conhecimento de todo o pessoal técnico de operação e que este pessoal seja capaz de executá-los prontamente.

e) Meios para execução das atividades diretas de operação

Para a execução das atividades diretas de operação é necessário prover meios de pessoal, isto é, pessoal técnico para a equipe sediada na estação terminal de multiplex, bem como meios materiais, tais como:

— Normas e instruções orientativas dos procedimentos operacionais;
— Manuais dos sistemas e equipamentos;
— Instrumental e acessórios para execução de medidas;
— Ferramental para realização de ajustes necessários;
— Formulários próprios para registro de medidas, anormalidades constatas etc.;
— Canais de coordenação e controle entre a equipe de operação do multiplex sediada na estação terminal e:

- Equipes das estações terminais distantes;
- Estação ou estações de apoio;

- Equipe responsável pelo meio de transmissão;
- Equipe de telefonia;
- Equipe de telex.

— Facilidade que permitam rápida comunicação dos assinantes privados com a equipe de operação do multiplex;

— Viaturas para o deslocamento às estações nao atendidas e de apoio.

12.4.2 — Atividades Indiretas de Operação

São atividades que não envolvem tarefas executadas diretamente sobre o sistema ou equipamento multiplex, entretanto fornecem subsídios para as atividades diretas, permitindo a avaliação das mesmas.

a) Emissão de documentação técnico-operacional

Todas as atividades de operação devem ser detalhadas em documentos normativos, que devem ser simples, precisos e objetivos. Entretanto, a documentação técnico-operacional emitida não é imutável, devendo ser avaliada periodicamente, eliminando-se procedimentos desnecessários, contornando dificuldades encontradas na aplicação, bem como atualizando os procedimentos em vista dos novos equipamentos implantados na rede.

Outro aspecto importante com relação a esta documentação é o seu nível de detalhamento, pois deve haver uma compatibilidade entre o conjunto de atividades a que se relaciona um documento, e o pessoal a que se destina o mesmo. Deste modo, a documentação técnico-operacional é composta desde documentos normativos que estabeleçam a filosofia geral de operação, até instruções que descrevem minuciosamente um determinado teste.

As especificaçoes adotadas nestes documentos, devem atender aos padrões estabelecidos internacionalmente pelo CCITT, apresentados nos diversos volumes indicados no Cap. 11.

Em âmbito nacional, sob a coordenação da TELEBRÁS, se encontra em constante desenvolvimento um conjunto de documentos normativos que constituem o denominado Sistema de Práticas de Operação e Manutenção, visando normalizar as diversas atividades técnico-operacionais dentro das empresas do Sistema TELEBRÁS.

b) Avaliação da qualidade de operação

A avaliação de um processo qualquer, geralmente é feita através da observação de um ou mais parâmetros relacionados ao referido processo. Esses parâmetros, chamados indicadores do processo, podem assumir valores numéricos dentro de uma certa faixa, sendo estes valores denominados de índices. Evidentemente, os parâmetros escolhidos para indicadores de um processo devem apresentar sensibilidade às variações do mesmo, isto é, variações do processo devem produzir variações significativas no índice. Deste modo, quando o processo se desenvolve de maneira desejada, os índices obtidos deverão se aproximar de um valor numérico, chamado *índice-objetivo* do indicador. Por exemplo,

se um método de fabricação de transistores é o processo a ser avaliado, podemos escolher como indicador o parâmetro *ganho de tensão* (β) dos transistores fabricados, estabelecendo como índice-objetivo 100 ± 10%. Enquanto os valores encontrados para β estiverem entre 90 e 110, significa que o processo de fabricação se desenvolve de maneira adequada.

Os objetivos são estabelecidos, inicialmente, de acordo com estudos teóricos da relação entre o processo avaliado e o indicador, bem como da opinião de profissionais envolvidos no processo. Entretanto, o acompanhamento ao longo do tempo dos índices obtidos para um indicador, pode indicar tendências que levam a reavaliar o índice-objetivo inicialmente estabelecido. Para o exemplo do método de fabricação de transistores, após um ano de observação dos valores de β, pode-se chegar a conclusão que existe uma tendência para os índices em se fixarem em 90 ± 10%, se o processo não for modificado.

Em telecomunicações, os processos de manutenção e operação de um sistema, também podem ser avaliados por intermédio de indicadores convenientemente escolhidos.

Como a avaliação da qualidade de operação de um sistema deve, finalmente, espelhar os resultados atingidos, isto é, o serviço prestado ao usuário, bem como o acompanhamento das atividades da operação, podemos definir dois tipos de indicadores:

— *Indicadores de desempenho de sistema*

Que avaliam os resultados finais da operação, refletindo as influências das atividades diretas e indiretas de operação na satisfação do usuário;

— *Indicadores de desempenho de atividades*

Que avaliam o grau de exatidão e presteza de execução das atividades normalizadas, porém sem necessariamente refletir as influências dessas atividades no resultado final do sistema.

Estes indicadores serão analisados em detalhes nos próximos itens.

c) Avaliação do treinamento

O treinamento dos elementos técnicos responsáveis pela operação do sistema pode ser classificado em:

- *Desenvolvimento de pessoal* — que visa o treinamento teórico básico do profissional, sendo geralmente realizado de maneira centralizada ou sob coordenação central;
- *Adestramento de pessoal* — que visa o treinamento prático do profissional, sendo realizado em contato com o próprio equipamento ou sistema e sob a supervisão da chefia imediata.

Como o desenvolvimento e o adestramento dos profissionais se refletem diretamente nas atividades técnico-operacionais, a avaliação do grau de treinamento deste pessoal deve ser realizada constantemente pelos responsáveis técnicos. Esta avaliação, que é uma atividade indireta de operação, deve ser feita através da observação da maneira como são executadas as atividades de operação, bem como da ação do profissional, a partir dos resultados obtidos.

d) Otimização da operação

A fim de obter a máxima eficiência na execução das tarefas de operação de um sistema, são desenvolvidas, constantemente, atividades indiretas de operação, tais como:

— Planejamento de novos roteamentos da rede, a fim de atender às necessidades de tráfego, que são mutáveis ao longo do tempo;

— Estudos para modificacão na organização da rede existente, visando a otimização do desempenho operacional do sistema. Por exemplo, sediar uma equipe numa estação terminal, inicialmente não atendida, devido à ampliação de tráfego com a instalação de novos equipamentos;

— Elaboração de fluxogramas de tarefas, visando minimizar esforços e eliminar atividades supérfluas;

— Elaboração de cronogramas de atividades, visando coincidir as datas de execução das tarefas nas estações não atendidas e estações de apoio, a fim de minimizar os deslocamentos de pessoal;

— Elaboração de escalas de pessoal, de modo a minimizar o efetivo necessário à operação, sem prejuízo do sistema e dos próprios profissionais;

— Estabelecimento de rotinas internas de procedimentos operacionais, que envolvam entrosamento com outras áreas de atividade da empresa (administrativa, comercial etc.), com outras equipes (equipe de telefonia, equipe de rádio etc.) e com os usuários.

12.4.3 — Centros de Supervisão e Centros de Operação

As atividades diretas de operação apresentadas nos itens anteriores, são desenvolvidas por elementos técnicos sediados nas estações terminais, escolhidas de acordo com a estrutura da rede implantada. Consideremos. como exemplo, o sistema multiplex entre duas localidades, de acordo com a Fig. 12.3.

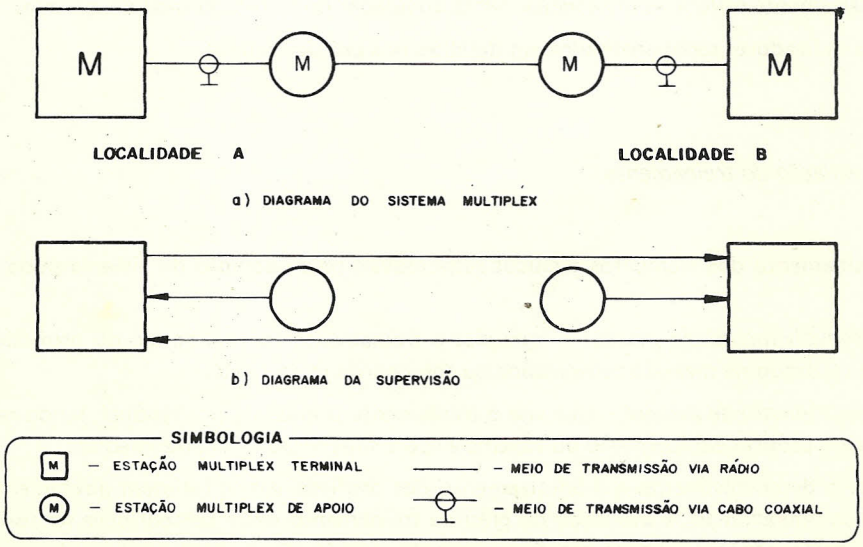


Fig. 12.3 — Esquema de supervisão entre duas terminais.

Conforme vimos no Cap. 6, na estação terminal multiplex da localidade A existem equipamentos de supervisão para a direção B → A do sistema, bem como telesupervisão dos alarmes de equipamento da estação de apoio de A. Na estação terminal multiplex da localidade B, o equipamento de supervisão monitora as condições do sistema multiplex na direção contrária, ou seja, de A → B, existindo, também, telesupervisão dos alarmes da estação multiplex de apoio de B.

Nestas estações terminais são desenvolvidas também as outras atividades diretas de operação e, como as atividades indiretas de operação são um apoio necessário às atividades diretas, fica caracterizada a formação de Centros de Operação nessas terminais, com funções mais abrangentes que apenas a supervisão do sistema.

Se agora considerarmos um sistema multiplex mais complexo, como a rede da Fig. 12.4, teremos nessa rede vários Centros de Operação nas terminais multiplex das localidades, cada um funcionando dentro de um esquema de supervisão semelhante ao do primeiro exemplo.

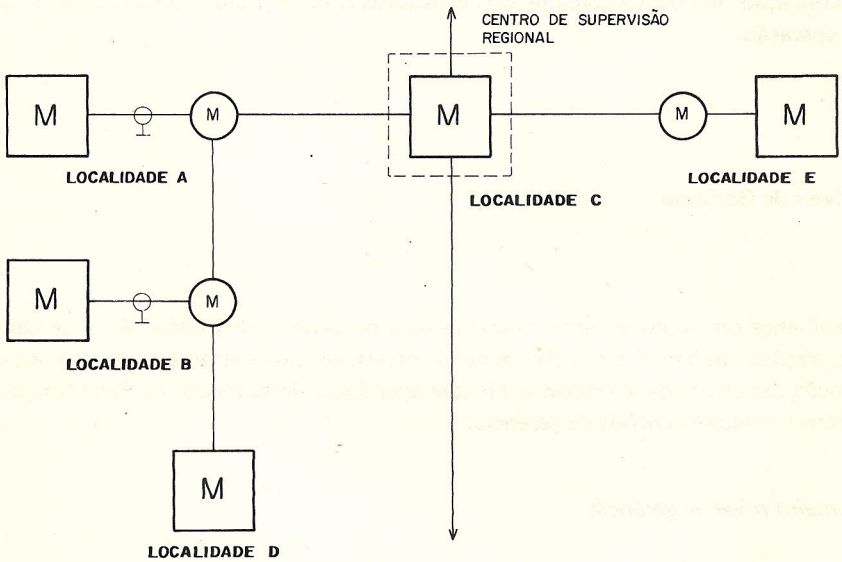


Fig. 12.4 – Exemplo de centro de supervisão regional.

É evidente que com o crescimento e complexidade da rede, surge a necessidade da existência de uma supervisão centralizada de toda uma região e de uma coordenação dos Centros Locais, caracterizando um Centro de Supervisão Regional que, possuindo uma visão global do estado da rede da região, pode decidir atividades de operação que envolvam todo o sistema, como por exemplo roteamentos de emergência. Além disso, o Centro Regional pode ser dotado de recursos mais sofisticados, tais como equipamentos para processar automaticamente as informações recebidas, permitindo obter resultados sobre o desempenho da rede regional.

Da mesma forma que nos Centros Locais, surge junto ao Centro de Supervisão Regional, a necessidade de desenvolvimento de atividades indiretas de operação, caracterizando assim um Centro de Operação Regional. Entretanto, devido a própria característica deste Centro, que engloba toda uma região, as suas atividades indiretas de operação podem ser um pouco diferentes daquelas desenvolvidas nos Centros Locais, como por exemplo, a avaliação da qualidade de operação da rede regional.

Na Rede Nacional de Transmissão, que envolve todo o território nacional, o conceito de Centro Regional evolui para o de um Centro de Supervisão Nacional, que, além de coordenar os Centros Regionais, exerce, em relação à rede nacional, as mesmas funções que os Centros Regionais em relação a rede regional.

Da mesma forma que nos Centros Regionais, surge junto ao Centro de Supervisão Nacional, a necessidade de desenvolvimento de atividades indiretas de operação, caracterizando deste modo um Centro de Operação Nacional, cujas principais funções são:

— Coordenação geral das atividades de operação da rede;

— Normalização técnico-operacional de sistemas e equipamentos;

— Execução de inspetorias técnicas, nas quais a aplicação dos procedimentos técnico-operacionais normalizados é diretamente observada nos Centros Locais;

— Avaliação da qualidade de operação através dos indicadores de desempenho do sistema da rede nacional;

— Padronização de instrumentos de teste para a rede;

— Qualificação de novos equipamentos e sistemas a serem implantados, baseado na experiência da rede em operação.

12.4.4 – Níveis de Gerência

A semelhança do escalonamento existente para os Centros de Supervisão e de Operação, a gerência de operações também é exercida em vários níveis, aos quais estão associadas visões distintas da rede, em função das atividades e responsabilidades exercidas. Deste modo, na Rede Nacional de Transmissão teremos os seguintes níveis de gerência:

a) Primeiro nível de gerência

É aquele ao qual está associado uma visão local da rede, e que tem a função de acompanhar diretamente a execução das atividades de operação normalizadas. Neste nível, a avaliação da qualidade de operação deve ser feita através de indicadores que possibilitem uma análise rápida e ação imediata sobre a rede local.

b) Segundo nível de gerência

É aquele ao qual está associado uma visão regional da rede. Neste nível, a avaliação da qualidade de operação deve ser realizada através de indicadores que possibilitem uma análise integrada do estado da rede regional, permitindo decidir atividades de âmbito regional.

c) Terceiro nível de gerência

É aquele ao qual está associado uma visão nacional da rede, e que tem a função de coordenador dos demais níveis de gerência. A avaliação da qualidade de operação deve ser feita por intermédio de

Conforme vimos no Cap. 6, na estação terminal multiplex da localidade A existem equipamentos de supervisão para a direção B → A do sistema, bem como telesupervisão dos alarmes de equipamento da estação de apoio de A. Na estação terminal multiplex da localidade B, o equipamento de supervisão monitora as condições do sistema multiplex na direção contrária, ou seja, de A → B, existindo, também, telesupervisão dos alarmes da estação multiplex de apoio de B.

Nestas estações terminais são desenvolvidas também as outras atividades diretas de operação e, como as atividades indiretas de operação são um apoio necessário às atividades diretas, fica caracterizada a formação de Centros de Operação nessas terminais, com funções mais abrangentes que apenas a supervisão do sistema.

Se agora considerarmos um sistema multiplex mais complexo, como a rede da Fig. 12.4, teremos nessa rede vários Centros de Operação nas terminais multiplex das localidades, cada um funcionando dentro de um esquema de supervisão semelhante ao do primeiro exemplo.

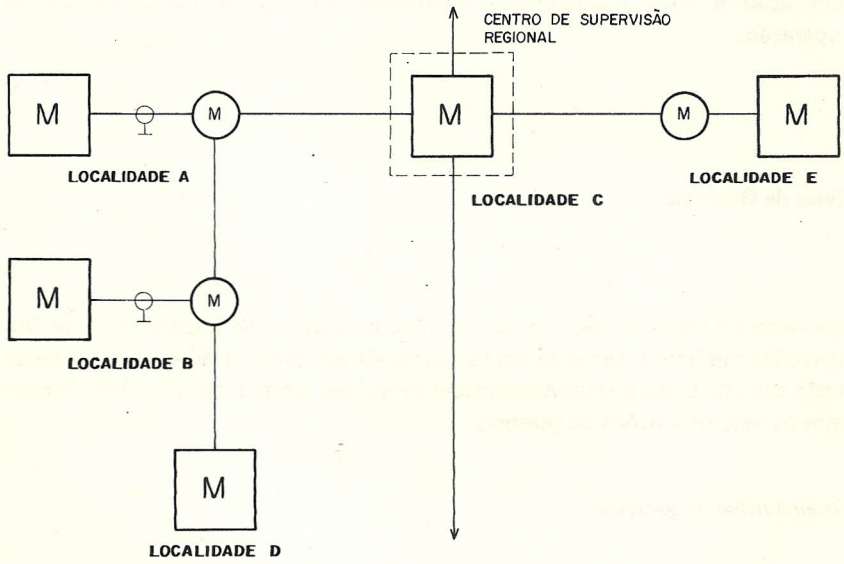


Fig. 12.4 – Exemplo de centro de supervisão regional.

É evidente que com o crescimento e complexidade da rede, surge a necessidade da existência de uma supervisão centralizada de toda uma região e de uma coordenação dos Centros Locais, caracterizando um Centro de Supervisão Regional que, possuindo uma visão global do estado da rede da região, pode decidir atividades de operação que envolvam todo o sistema, como por exemplo roteamentos de emergência. Além disso, o Centro Regional pode ser dotado de recursos mais sofisticados, tais como equipamentos para processar automaticamente as informações recebidas, permitindo obter resultados sobre o desempenho da rede regional.

Da mesma forma que nos Centros Locais, surge junto ao Centro de Supervisão Regional, a necessidade de desenvolvimento de atividades indiretas de operação, caracterizando assim um Centro de Operação Regional. Entretanto, devido a própria característica deste Centro, que engloba toda uma região, as suas atividades indiretas de operação podem ser um pouco diferentes daquelas desenvolvidas nos Centros Locais, como por exemplo, a avaliação da qualidade de operação da rede regional.

Na Rede Nacional de Transmissão, que envolve todo o território nacional, o conceito de Centro Regional evolui para o de um Centro de Supervisão Nacional, que, além de coordenar os Centros Regionais, exerce, em relação à rede nacional, as mesmas funções que os Centros Regionais em relação a rede regional.

Da mesma forma que nos Centros Regionais, surge junto ao Centro de Supervisão Nacional, a necessidade de desenvolvimento de atividades indiretas de operação, caracterizando deste modo um Centro de Operação Nacional, cujas principais funções são:

— Coordenação geral das atividades de operação da rede;

— Normalização técnico-operacional de sistemas e equipamentos;

— Execução de inspetorias técnicas, nas quais a aplicação dos procedimentos técnico-operacionais normalizados é diretamente observada nos Centros Locais;

— Avaliação da qualidade de operação através dos indicadores de desempenho do sistema da rede nacional;

— Padronização de instrumentos de teste para a rede;

— Qualificação de novos equipamentos e sistemas a serem implantados, baseado na experiência da rede em operação.

12.4.4 — Níveis de Gerência

A semelhança do escalonamento existente para os Centros de Supervisão e de Operação, a gerência de operações também é exercida em vários níveis, aos quais estão associadas visões distintas da rede, em função das atividades e responsabilidades exercidas. Deste modo, na Rede Nacional de Transmissão teremos os seguintes níveis de gerência:

a) Primeiro nível de gerência

É aquele ao qual está associado uma visão local da rede, e que tem a função de acompanhar diretamente a execução das atividades de operação normalizadas. Neste nível, a avaliação da qualidade de operação deve ser feita através de indicadores que possibilitem uma análise rápida e ação imediata sobre a rede local.

b) Segundo nível de gerência

É aquele ao qual está associado uma visão regional da rede. Neste nível, a avaliação da qualidade de operação deve ser realizada através de indicadores que possibilitem uma análise integrada do estado da rede regional, permitindo decidir atividades de âmbito regional.

c) Terceiro nível de gerência

É aquele ao qual está associado uma visão nacional da rede, e que tem a função de coordenador dos demais níveis de gerência. A avaliação da qualidade de operação deve ser feita por intermédio de

indicadores que permitam uma análise global do estado da rede nacional, possibilitando estabelecer prioridades e metas para otimizar o sistema.

É importante se observar que as ações dos gerentes dos diversos níveis são inter-relacionadas, a fim de que haja objetividade e eficiência frente a um ofensor da rede, ou seja, o gerente local, o gerente regional e o gerente nacional devem ser coerentes na maneira de agir, frente a um problema do sistema.

12.4.5 – Fluxos de Informação

A fim de que haja eficiência e objetividade dos diversos níveis de gerência, bem como exista coerência na forma de agir, é necessário que as informações fluam de forma adequada, entre os referidos níveis de gerência.

Basicamente, podemos caracterizar dois tipos de fluxos de informações:

– No primeiro tipo temos um fluxo de informações dos níveis de gerência local, no sentido da gerência regional e da gerência nacional. Este fluxo que se refere aos indicadores normalizados para o acompanhamento do desempenho operacional, permite que as informações dos níveis mais baixos sirvam de subsídios para os indicadores do nível imediatamente superior. A análise, a médio prazo destas informações, possibilita corrigir deficiências no desempenho operacional, através de modificações dos meios de material ou pessoal, revisão dos instrumentos normativos etc.

– No segundo tipo temos um fluxo de informações, nos dois sentidos, entre os elementos especialistas dos diversos níveis de gerência. Este fluxo visa a maior eficiência das atividades de rotina de operação, através da dinamização das informações e coordenações adicionais aos procedimentos normalizados na Empresa.

Como este fluxo deve ser caracterizado pela grande velocidade de troca de informações, há necessidade de meios de comunicações eficientes e rápidos, entre os gerentes dos diversos níveis.

12.4.6 – Qualidade de Operação

Conforme já vimos anteriormente, a aferição da qualidade de operação é realizada através de indicadores operacionais, que podem ser classificados em *indicadores de desempenho de atividades* e *indicadores de desempenho de sistema*.

Como estes indicadores devem ser adequados aos diversos níveis de gerência que os utilizam, poderemos ter indicadores de desempenho de atividades e indicadores de desempenho de sistema para os níveis local, regional e nacional. Entretanto, os indicadores de desempenho de sistema, que necessitam de uma visão mais abrangente, são mais adequados aos níveis regionais e nacional.

a) Indicadores de desempenho de sistema

Para estes indicadores, geralmente, os índices-objetivos são especificados pelas Empresas a partir de recomendações de órgãos normativos, tais como o CCITT.

Como indicadores de desempenho de sistema que permitem avaliar os resultados da operação do multiplex, podemos citar:

- *Disponibilidade* dos canais para tráfego (*);
- *Tempo médio de recuperação* de anormalidades;
- *Qualidade de transmissão*;
- *Utilização da canalização*.

A seguir analisaremos os aspectos referentes a cada um destes indicadores.

a.1) *Disponibilidade*

A disponibilidade para tráfego ou, simplesmente, disponibilidade de um sistema de transmissão, é a percentagem de tempo em relação a um determinado período de observação, em que o referido sistema permanece em condições de escoar tráfego. Esta disponibilidade pode ser calculada por:

$$D = 100\ (1 - \frac{\Sigma\ T_i}{T_0})\ \% \qquad (12.1)$$

onde: D = disponibilidade
T_0 = período de observação considerado
$\Sigma\ T_i$ = somatório dos tempos de interrupção do sistema de transmissão durante o período de observação T_0.

Nos sistemas multiplex, a disponibilidade é analisada em termos de circuitos multiplex, mais propriamente do conjunto de circuitos que constitui uma rota multiplex, uma vez que a análise individual de cada circuito é imprópria.

Deste modo, para o cálculo da disponibilidade dos circuitos de uma rota multiplex, a fórmula 12.1 evolui para:

$$D = 100\ (1 - \frac{\overline{T_i}}{T_0})\ \% \qquad (12.2)$$

$$\overline{T_i} = \frac{\sum_{1}^{N} t_n}{N} \qquad (12.3)$$

onde: D = disponibilidade
T_0 = período de observação considerado
$\overline{T_i}$ = tempo médio de interrupção dos circuitos da rota
N = número de circuitos da rota
$\sum_{1}^{N} t_n$ = somatório dos tempos de interrupção do circuito 1 ao circuito N.

(*) Na primeira edição deste livro, este indicador era chamado de *confiabilidade*, porém para haver uma compatibilização com outras áreas técnicas, esta denominação foi mudada para *disponibilidade*.

Por exemplo, no sistema multiplex apresentado no Item 6.3 do Cap. 6, a rota A – D que é constituída de 600 circuitos, apresentou as seguintes interrupções no período de um mês: um circuito durante 24 horas, um circuito durante 6 horas, 2 grupos durante 10 minutos, um supergrupo durante 5 minutos e dois grupos mestres durante 1,5 minutos. O tempo médio de interrupção dos circuitos desta rota será:

$$\overline{T}_i = \frac{\sum_{1}^{600} t_n}{600} = \frac{1 \times 24 \times 60 + 1 \times 6 \times 60 + 24 \times 10 + 60 \times 5 + 600 \times 1{,}5}{600} \therefore$$

$$\overline{T}_i = 5{,}4 \text{ minutos.}$$

A disponibilidade desta rota no período de um mês será:

$$D = 100 \left(1 - \frac{5{,}4}{30 \times 24 \times 60}\right) \% \therefore$$

$$D = 99{,}875\ \%.$$

No cálculo da disponibilidade, o CCIR estipula que devem ser considerados todos os eventos previsíveis estatisticamente, não se levando em conta as interrupções de natureza programada. Deste modo, as causas mais comuns de interrupção dos circuitos são as falhas de:

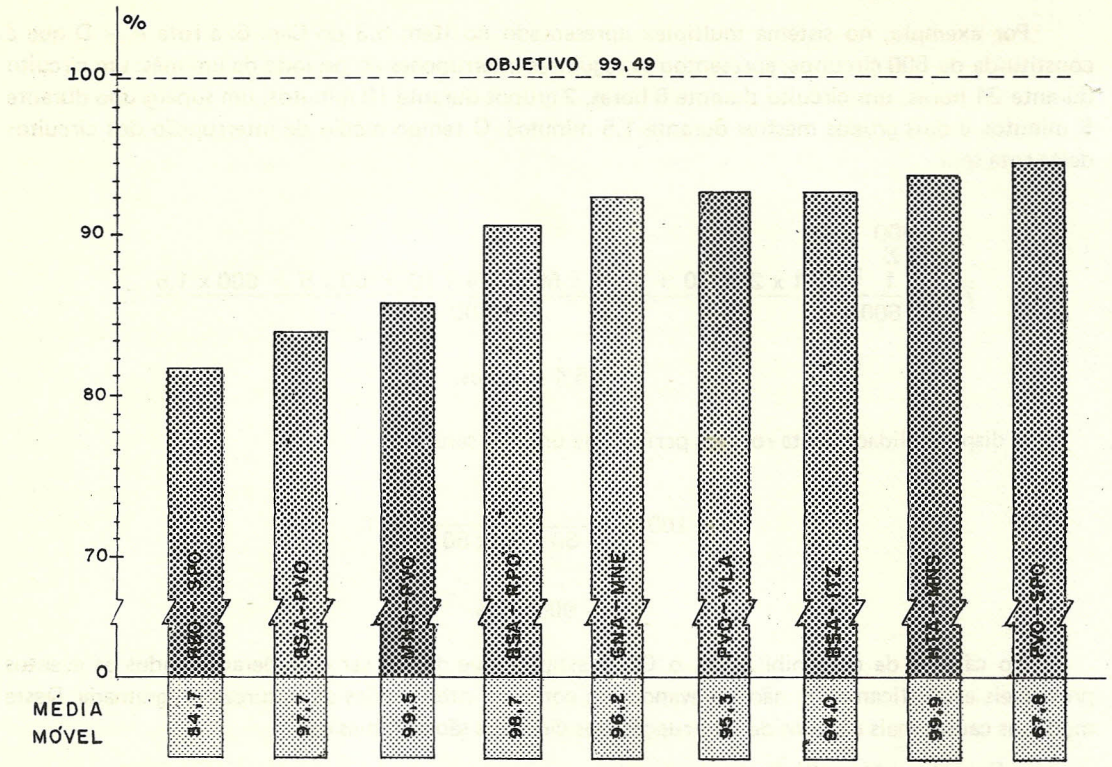
— Equipamento multiplex;
— Sistema de energia;
— Meio de transmissão;
— Operação.

Observação: O controle das interrupções de natureza programada, é feito através de um *indicador de atividade*, que será visto posteriormente.

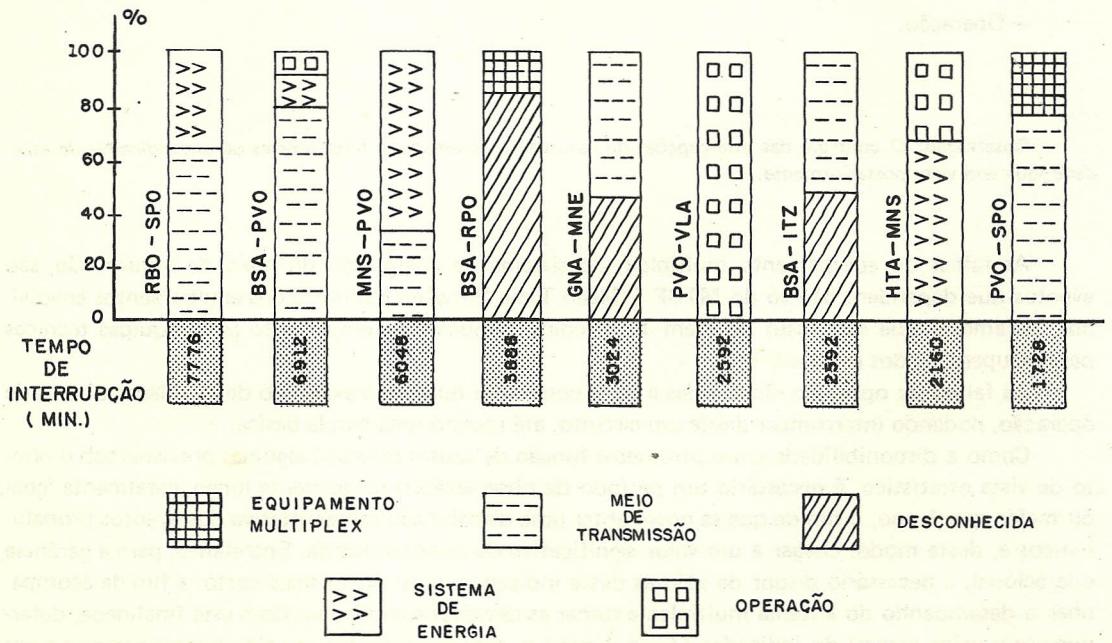
As falhas do equipamento multiplex, do sistema de energia ou do meio de transmissão, são eventos que dependem não só do MTBF ("Mean Time Between Failure") dos equipamentos envolvidos, parâmetro que será visto no Item 12.5, como também do tempo gasto pelas equipes técnicas para recuperação dos mesmos.

As falhas de operação são devidas a erros cometidos durante a execução de atividades diretas de operação, podendo interromper desde um circuito, até mesmo uma banda básica.

Como a disponibilidade é um parâmetro função de causas diversas, algumas previstas sob o ponto de vista estatístico, é necessário um período de observação razoavelmente longo, geralmente igual ou maior que 1 ano, a fim de que se possa obter uma distribuição representativa dos eventos probabilísticos e, deste modo, chegar a um valor significativo da disponibilidade. Entretanto, para a gerência operacional, é necessário dispor de valores deste indicador, num prazo mais curto, a fim de acompanhar o desempenho do sistema multiplex e tomar as devidas providências. Com esta finalidade, determina-se o valor mensal do indicador (T_0 = 1 mês) e, simultaneamente, o valor correspondente a um determinado número de meses (geralmente T_0 = 12 meses), imediatamente anteriores ao mês em questão, inclusive. A disponibilidade mensal permite avaliar o reflexo das ocorrências recentes, enquanto que a disponibilidade dos últimos 12 meses possibilita verificar a tendência do sistema, em relação ao objetivo adotado.



(a) — DISPONIBILIDADE DAS ROTAS MULTIPLEX NO MÊS



(b) — TEMPOS DE INTERRUPÇÃO(POR CAUSA) NO MÊS

Fig. 12.5 — Disponibilidade das rotas multiplex.

Como o período de observação a longo prazo é a soma de vários períodos de observações menores, de mesma duração (considerando os diversos meses com mesma duração), a disponibilidade calculada para os últimos 12 meses é uma *média móvel* dos valores mensais.

Por exemplo, a Fig. 12.5.*a* apresenta um gráfico de barras, onde são mostrados o valor do mês e o valor acumulado em 12 meses (média móvel) da disponibilidade de várias rotas multiplex da Embratel. Neste gráfico temos somente as rotas que estão abaixo do índice-objetivo adotado (99,4%), de um total de aproximadamente 150 rotas.

As siglas empregadas na Fig. 12.5 são próprias da Embratel, como por exemplo RBO-SPO, designando a rota de circuitos Rio Branco — São Paulo.

A Fig. 12.5.*b* apresenta um gráfico de barras indicando, para cada rota, a distribuição do tempo de interrupção pelas diversas causas, no mês em questão.

A disponibilidade de rotas é um indicar de desempenho de sistema, típico de nível de gerência nacional, visto que as rotas multiplex podem envolver várias estações de uma região, e até mesmo de diversas regiões.

Para a gerência a nível local, o mais conveniente é o acompanhamento do tempo total de interrupção dos circuitos, devido a anormalidades ocorridas nas estações e equipamentos de responsabilidade deste centro local.

a.2) *Tempo médio de recuperação*

Quando ocorre uma certa anormalidade no sistema multiplex, o tempo decorrido desde o instante em que o evento é detectado, até o instante em que o sistema retorna às condições normais de operação, é denominado tempo de recuperação da anormalidade. Este tempo de recuperação é composto de diversas parcelas, tais como:

— Tempo para identificação da anormalidade reclamada pelo usuário ou detectada pelo sistema de supervisão;

— Tempo de acesso até a estação onde ocorreu a anormalidade, quando esta for do tipo não atendida;

— Tempo gasto na recuperação do equipamento defeituoso e execução dos testes de verificação necessários (TM — tempo de manutenção).

Para o acompanhamento do tempo de recuperação das anormalidades, é necessário que as ocorrências sejam classificadas em dois tipos: anormalidades urgentes e anormalidades não urgentes.

As anormalidades urgentes são aquelas que afetam diretamente a disponibilidade do sistema multiplex, exigindo por isso um maior controle. Por exemplo, a interrupção de um circuito privativo, a interrupção de grupo básico ou a queda de uma banda básica.

Entretanto, dentre as anormalidades urgentes, também deve existir uma gradação de importância, ditada pelo tipo de serviço prestado pelo circuito interrompido, bem como pelo número de circuitos afetados. Deste modo, os tempos de recuperação para os circuitos privativos deve ser analisado separadamente dos circuitos empregados para telefonia e telegrafia, pois como estes últimos usuários são ligados à Central Telefônica ou à Central Telex por diversos circuitos, a interrupção de um ou alguns desses circuitos não prejudicará o tráfego telefônico ou telegráfico. No entanto, o assinante privativo que, geralmente, tem um circuito alugado, fica sem comunicação.

Quanto ao número de circuitos afetados, é evidente que as anormalidades que envolvem circuitos individuais, devem ser analisados separadamente das anormalidades de banda básica, supergrupo mestre básico etc.

As anormalidades não urgentes são aquelas que, embora não prejudicando diretamente a disponibilidade, diminuem a confiabilidade do sistema multiplex. Por exemplo, comutação do oscilador mestre principal para o reserva, sistema de supervisão do nível de recepção dos pilotos inoperantes etc.

Para o acompanhamento do tempo de recuperação das anormalidades, emprega-se um parâmetro chamado tempo médio de recuperação (MTTR – "Mean Time to Repair"), que pode ser calculado por:

$$MTTR = \frac{\Sigma \text{ tempos de recuperação das anormalidades}}{\text{número de ocorrências de anormalidades}} \qquad (12.4)$$

Os índices-objetivos fixados para os diversos MTTR, devem ser coerentes com aqueles objetivos estabelecidos para a disponibilidade pois, como já vimos, o tempo de interrupção do tráfego é função do tempo de recuperação das anormalidades.

Para que se possa ter um valor significativo para o MTTR, também é necessário um período de observação razoavelmente longo, geralmente igual ou maior que 1 ano. A curto prazo, este indicador pode ser controlado de maneira análoga à disponibilidade, através da média móvel.

O MTTR é um indicador de desempenho de sistema que se presta a todos os níveis de gerência.

a.3) *Qualidade de transmissão*

A avaliação da qualidade de transmissão no multiplex pode ser feita por meio de um ou mais parâmetros, escolhidos de acordo com o tipo de sinal transmitido pelo circuito. Assim, para sinais de voz, os parâmetros são a variação, ao longo do tempo, do nível e do ruído nos canais multiplex. Para telegrafia, o parâmetro é a distorção telegráfica, enquanto que para transmissão de dados é a taxa de bits errados.

A avaliação da qualidade de transmissão está afeta a todos os níveis de gerência, cabendo ao nível de gerência local o desencadeamento de ações imediatas, enquanto que os outros níveis de gerência supervisionam a qualidade de transmissão a fim de detectar tendências de degradação da rede.

Tomemos, como exemplo, a qualidade de transmissão de sinais de voz, em que os parâmetros analisados são a variação, ao longo do tempo, do nível e do ruído nos canais.

Para a variação de nível ao longo do tempo, o CCITT estabelece os seguintes objetivos:

– A diferença entre a média das medidas e o valor nominal $\leqslant 0{,}5\,dB$;
– O desvio padrão relativo à média das medidas $\leqslant 0{,}5\,dB$.

A fim de alcançar estes objetivos, cada Empresa estabelece a periodicidade das medições, bem como os limites de nível, além das quais o pessoal de operação e manutenção devem intervir nos equipamentos, para restabelecer as características iniciais. Esta tomada de ação imediata é de competência da gerência local.

Observação: A medição da variação de nível ao longo do tempo de um canal multiplex, exigiria a interrupção deste, durante o período em que se fizesse o registro. Isto é impraticável devido ao prejuízo causado pela interrupção do tráfego. Porém, através de estudos estatísticos, diversas administrações chegaram à conclusão que a variação de nível ao longo do tempo de um canal de multiplex é, na prática, idêntica à variação de nível obtida, entre duas medidas realizadas com um determinado intervalo, para um conjunto de canais com a mesma composição de equipamentos (rota multiplex). Deste modo, a variação de nível ao longo do tempo, dos canais multiplex de uma rota, é obtida através da medição simultânea, a intervalos periódicos, dos canais que compõem a rota.

Através de dados colhidos durante diversos períodos de medições de cada rota, calculam-se as médias e desvios respectivos, comparando-os com os objetivos do CCITT. Por intermédio desta comparação, pode-se detectar se a periodicidade e os limites de operação e manutenção estabelecidos são acertados (gerência regional ou nacional).

Como o período de observaçâo a longo prazo é a soma de vários períodos de observações menores, de mesma duração (considerando os diversos meses com mesma duração), a disponibilidade calculada para os últimos 12 meses é uma *média móvel* dos valores mensais.

Por exemplo, a Fig. 12.5.*a* apresenta um gráfico de barras, onde são mostrados o valor do mês e o valor acumulado em 12 meses (média móvel) da disponibilidade de várias rotas multiplex da Embratel. Neste gráfico temos somente as rotas que estão abaixo do índice-objetivo adotado (99,4%), de um total de aproximadamente 150 rotas.

As siglas empregadas na Fig. 12.5 são próprias da Embratel, como por exemplo RBO-SPO, designando a rota de circuitos Rio Branco — São Paulo.

A Fig. 12.5.*b* apresenta um gráfico de barras indicando, para cada rota, a distribuição do tempo de interrupção pelas diversas causas, no mês em questão.

A disponibilidade de rotas é um indicar de desempenho de sistema, típico de nível de gerência nacional, visto que as rotas multiplex podem envolver várias estações de uma região, e até mesmo de diversas regiões.

Para a gerência a nível local, o mais conveniente é o acompanhamento do tempo total de interrupção dos circuitos, devido a anormalidades ocorridas nas estações e equipamentos de responsabilidade deste centro local.

a.2) *Tempo médio de recuperação*

Quando ocorre uma certa anormalidade no sistema multiplex, o tempo decorrido desde o instante em que o evento é detectado, até o instante em que o sistema retorna às condições normais de operação, é denominado tempo de recuperação da anormalidade. Este tempo de recuperação é composto de diversas parcelas, tais como:

— Tempo para identificação da anormalidade reclamada pelo usuário ou detectada pelo sistema de supervisão;

— Tempo de acesso até a estação onde ocorreu a anormalidade, quando esta for do tipo não atendida;

— Tempo gasto na recuperação do equipamento defeituoso e execução dos testes de verificação necessários (TM — tempo de manutenção).

Para o acompanhamento do tempo de recuperação das anormalidades, é necessário que as ocorrências sejam classificadas em dois tipos: anormalidades urgentes e anormalidades não urgentes.

As anormalidades urgentes são aquelas que afetam diretamente a disponibilidade do sistema multiplex, exigindo por isso um maior controle. Por exemplo, a interrupção de um circuito privativo, a interrupção de grupo básico ou a queda de uma banda básica.

Entretanto, dentre as anormalidades urgentes, também deve existir uma gradação de importância, ditada pelo tipo de serviço prestado pelo circuito interrompido, bem como pelo número de circuitos afetados. Deste modo, os tempos de recuperação para os circuitos privativos deve ser analisado separadamente dos circuitos empregados para telefonia e telegrafia, pois como estes últimos usuários são ligados à Central Telefônica ou à Central Telex por diversos circuitos, a interrupção de um ou alguns desses circuitos não prejudicará o tráfego telefônico ou telegráfico. No entanto, o assinante privativo que, geralmente, tem um circuito alugado, fica sem comunicação.

Quanto ao número de circuitos afetados, é evidente que as anormalidades que envolvem circuitos individuais, devem ser analisados separadamente das anormalidades de banda básica, supergrupo mestre básico etc.

As anormalidades não urgentes são aquelas que, embora não prejudicando diretamente a disponibilidade, diminuem a confiabilidade do sistema multiplex. Por exemplo, comutação do oscilador mestre principal para o reserva, sistema de supervisão do nível de recepção dos pilotos inoperantes etc.

Para a variação do ruído total ao longo do tempo, o CCITT estabelece os limites apresentados na tabela do Item 8.6.4, para o ruído máximo admissível.

A fim de verificar este parâmetro, são realizadas medições periódicas do ruído nos canais de cada rota multiplex. A medida obtida para cada canal é comparada com o limite estabelecido, tomando-se as medidas necessárias (gerência local).

Com os valores das medidas de ruído dos canais de cada rota multiplex, é possível construir uma distribuição, aproximadamente gaussiana. Analisando-se, ao longo do tempo, a tendência desta distribuição, com relação ao valor limite do CCITT, podemos detectar uma degeneração do meio de transmissão ou de todo o sistema multiplex (gerência regional ou nacional).

a.4) Utilização da canalização

A utilização da canalização de uma rota é a relação percentual entre o número de canais multiplex em uso nesta rota e o total de canais equipados na mesma.

Este indicador se presta aos três níveis de gerência e, através do mesmo, é possível a programação de roteamentos, transferências de equipamentos, bem como planejamento para a aquisição de novos sistemas.

b) Indicadores de desempenho de atividades

Para estes indicadores, geralmente os índices-objetivos são estipulados de acordo com a estrutura da rede existente e levando-se em conta a experiência anterior de operação do sistema.

Entretanto, a verificaçao do desempenho de atividades nem sempre é feito através de indicadores pois, para algumas tarefas, o único meio de controle a se estabelecer, é o acompanhamento da execução das atividades segundo os fluxogramas estabelecidos e cronogramas operacionais existentes. Para algumas atividades rotineiras é possível estabelecer indicadores, como por exemplo:

— Tempo de atendimento às reclamações dos usuários;
— Tempo de atendimento às ordens de ativação de usuários;
— Tempo gasto na aplicação de um plano de emergência;
— Tempo de interrupções programadas para execução de atividades diretas de operação, tais como roteamento, testes etc.

Muito embora estes indicadores sejam característicos da gerência local, alguns deles interessam a todos os níveis de gerência, como por exemplo o tempo das interrupções programadas.

12.5 — GERÊNCIA DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA MULTIPLEX

As atividades de manutenção podem ser definidas, como o conjunto de procedimentos destinados a manter ou a retornar os equipamentos às condições nominais de funcionamento, devendo ser executados em épocas predeterminadas ou em caráter eventual, de modo a garantir as características de disponibilidade e qualidade estabelecidas.

Do mesmo modo que as atividades de operação, as atividades de manutenção também podem ser classificadas em dois grupos, da seguinte forma:

Atividades Diretas de Manutenção	— Manutenção preventiva — Manutenção corretiva
Atividades Indiretas de Manutenção	— Emissão de documentação técnico-operacional — Avaliação da qualidade de manutenção — Avaliação de treinamento — Otimização da manutenção

12.5.1. — Atividades Diretas de Manutenção

a) Manutenção preventiva

A manutenção preventiva é o conjunto de atividades realizadas de acordo com programas pre-estabelecidos, a fim de verificar, ajustar ou substituir partes dos equipamentos, visando prevenir a ocorrência de defeitos ou degradações na qualidade destes equipamentos.

Este conjunto de atividades pode ser subdividido em dois conjuntos de tarefas, chamados *testes de verificação* e *intervenções no equipamento*, que serão descritos a seguir.

a.1) Testes de verificação

Os testes de manutenção preventiva são, em geral, periódicos e visam levantar características dos equipamentos, a fim de determinar a necessidade de uma intervenção sobre certas partes do mesmo.

Muito embora, a definição dos testes de manutenção preventiva seja muito semelhante à dos testes de operação, existe uma diferença fundamental entre os mesmos, que pode ser facilmente observada através de um exemplo prático, apresentado a seguir.

Um equipamento multiplex tem seu funcionamento normal para tensão das fontes em 24v ± 2,4v, sendo que estas fontes têm um potenciômetro de ajuste contínuo, de ± 4v em torno do valor nominal. As leituras periódicas da tensão das fontes e ajustes necessárias para 24v ± 2,4v, constituem uma *"operação de equipamento"*. A verificação de quanto resta ainda de execução no potenciômetro para ajuste da tensão, se constituí num *"teste de manutenção preventiva"*.

Entretanto, nos sistemas multiplex atuais, grande parte dos testes preventivos são automatizados, como as fontes reguladas que, quando ultrapassada a excursão de ajuste, automaticamente produzem um alarme e comutam para fontes reservas.

Como exemplo de testes periódicos de manutenção preventiva, podem ser citados:

– Verificação do funcionamento dos diversos itens de supervisão da estação terminal, bem como de todas as estações não atendidas telesupervisionadas pela mesma, através da simulação das condições reais de alarme;

– Verificação do funcionamento dos equipamentos de comutação automática da geração de portadora, fontes etc., pela simulação de falhas nas unidades principais.

a.2) Intervenção no equipamento

As intervenções de manutenção preventiva são as atividades de ajuste e substituição de unidades, porém sem que tenha sido caracterizada uma degradação ou interrupção do sistema, caso em que teremos uma manutenção corretiva, como será visto adiante.

Como exemplo de ajuste programado, podemos citar a calibração dos medidores incorporados aos bastidores dos equipamentos.

As substituições de unidades por sobressalentes são feitas a partir dos resultados dos testes de verificação, podendo mesmo ocorrer antes que as unidades cheguem a um ponto de comprometer a disponibilidade e qualidade do sistema. Por exemplo, uma fonte principal regulada, cuja saída está dentro do valor nominal, se o teste de comutação para a fonte reserva apresentar valores fora do especificado, será necessária a substituição desta fonte principal.

b) Manutenção corretiva

A manutenção corretiva é o conjunto de atividades realizadas com o propósito de retornar os equipamentos e o sistema à sua condição original de desempenho, após as reclamações dos usuários sobre interrupções e degradações de qualidade dos canais, ou devido aos alarmes de supervisão.

Como as falhas e degradações nos equipamentos ocorrem de forma aleatória, as atividades de manutenção corretiva têm um caráter eventual.

c) Escalões de manutenção

Como as atividades de manutenção apresentam diversos graus de complexidade, conforme a natureza das tarefas executadas, especialização de pessoal técnico, recursos de material e instrumental disponível, é conveniente caracterizar estas atividades em escalões de manutenção. Geralmente adotam-se três escalões de manutenção, a saber:

c.1) Primeiro escalão

Este escalão é geralmente atribuído à equipe de manutenção sediada na estação terminal, que atua no próprio local onde está instalado o equipamento multiplex, e a uma oficina de pequeno porte, que executa reparos de pouca complexidade.

As principais tarefas executadas pela equipe de manutenção são:

— Testes de pesquisa de anormalidades no equipamento e sistema, visando identificar as unidades defeituosas;

— Substituição de unidades defeituosas por unidades sobressalentes;

— Ajustes e alinhamentos necessários após as substituições mencionadas.

c.2) Segundo escalão

Este escalão é atribuído a uma oficina de porte médio, dotada de maiores recursos materiais e de pessoal que no primeiro escalão, tendo a função de recuperar e ajustar a maioria das unidades existentes nos equipamentos multiplex.

c.3) Terceiro escalão

Este escalão é atribuído a um laboratório de manutenção totalmente equipado, tendo recursos materiais e de pessoal que permitem recuperar qualquer unidade existente nos equipamentos da rede, bem como desenvolver projetos de equipamentos para otimização do desempenho dos sistemas.

12.5.2 – Atividades Indiretas de Manutenção

De maneira análoga à operação, na manutenção as atividades indiretas são aquelas que não envolvem tarefas executadas diretamente sobre o sistema ou equipamento multiplex, entretanto fornecem subsídios para as atividades diretas e permitem a avaliação das mesmas.

a) Emissão de documentação técnico-operacional

Os documentos normativos necessários para a manutenção da rede, têm características básicas idênticas à documentação requerida para a operação. Deste modo, tanto a manutenção corretiva, quanto a manutenção preventiva, devem ser detalhadas em documentos normativos, sendo um fator de grande importância o seu nível de detalhamento, que deve ser compatível ao escalão de manutenção a que se relaciona cada documento.

b) Avaliação da qualidade de manutenção

Esta avaliação também deve ser realizada através do acompanhamento de indicadores convenientemente escolhidos, aos quais se associam índices-objetivos.

Do mesmo modo que na operação, teremos na manutenção indicadores mais abrangentes que avaliam os resultados finais da manutenção (Indicadores de Desempenho de Sistema e Indicadores de Desempenho de Equipamento), bem como indicadores que avaliam o grau de exatidão e presteza de execução das atividades normalizadas de manutenção (Indicadores de Desempenho de Atividades).

Estes indicadores serão analisados em detalhes nos próximos itens.

c) Avaliação do treinamento

Como o desenvolvimento e adestramento dos profissionais se refletem diretamente nas atividades de manutenção, a avaliação do grau de treinamento deste pessoal deve ser realizada constantemente pelos responsáveis técnicos. Esta avaliação, que é uma atividade indireta, deve ser feita de maneira semelhante da que ocorre na operação, tanto em relação às tarefas realizadas pelo primeiro escalão de manutenção, junto aos equipamentos, como em relação aos reparos e ajustes executados nas oficinas e laboratório, associados aos diversos escalões.

d) Otimização da manutenção

A fim de se obter a máxima eficiência na execução das tarefas de manutenção de um sistema, devem ser revistas, constantemente, as atividades diretas e indiretas de modo a eliminar as supérfluas e as conflitantes, adequando-as a novos equipamentos ou novas tecnologias.

Muito embora os equipamentos multiplex atuais já automatizem grande parte dos testes preventivos, conforme já dissemos anteriormente, a racionalização da manutenção preventiva deve reduzir ao máximo o número de intervenções sobre o equipamento, evidentemente sem prejuízo de qualidade de manutenção.

12.5.3 — Centros de Manutenção

À semelhança do que ocorreu na operação, a caracterização dos diversos tipos de centros de manutenção, bem como as atividades desenvolvidas em cada um, é feita levando-se em conta a constituição da rede, partindo-se de um simples sistema multiplex entre duas estações terminais, até uma rede complexa como é a Rede Nacional de Transmissão.

a) Centros de manutenção locais

Se considerarmos o sistema multiplex apresentado anteriormente na Fig. 12.3, em cada estação terminal teremos uma equipe sediada, que executa as atividades de manutenção preventiva e corretiva na sua *área de responsabilidade de manutenção*, ou seja, nos equipamentos da estação terminal e da estação de apoio.

Evidentemente, junto às atividades de manutenção preventiva e corretiva, surge a necessidade das várias atividades indiretas de manutenção, caracterizando deste modo, em cada estação terminal, um *Centro de Manutenção Local*, onde existe também uma oficina, que executa reparos de pequena complexidade.

Além dos recursos de pessoal necessários para a execução das tarefas diretas e indiretas de manutenção preventiva e corretiva, bem como dos elementos técnicos com treinamento adequado para o reparo das unidades a nível de primeiro escalão, os Centros de Manutenção Local devem estar providos de recursos materiais, tais como:

a.1) Para utilização pela equipe responsável pela manutenção

— Unidades sobressalentes daquelas existentes nos equipamentos instalados;
— Ferramental básico para colocação e retirada das unidades nos equipamentos, bem como extensões e conexões para realização de testes;
— Manuais técnicos dos equipamentos instalados;
— Normas de manutenção;
— Formulários próprios para o registro das intervenções realizadas nos equipamentos;
— Instumental de testes e acessórios para realização de medidas nos pontos de acesso dos equipamentos instalados, como por exemplo:

- Oscilador e medidor de nível seletivo;
- Psofômetro;
- Medidor de distorção harmônica;
- Medidor de distorção de sinalização;
- Atenuadores;
- Freqüencímetro;
- Gerador telegráfico;
- Medidor de distorção telegráfica;
- Medidor de retardo de grupo;
- Medidor de ruído impulsivo;
- Medidor de taxa de erro;
- Multímetro;
- Cabos, conectores e adaptadores.

– Viaturas para deslocamento às estações não atendidas;
– Componentes de consumo, tais como lâmpadas e fusíveis.

a.2) Para utilização na oficina do Centro de Manutenção Local

– Todos os recursos empregados pela equipe responsável pela manutenção;
– Uma ou mais bancadas de teste;
– Fonte regulada;
– Osciloscópio;
– Ferramental;
– Componentes sobressalentes ativos e passivos, de todas as unidades que têm possibilidade de serem reparadas neste centro;

Como grande parte dos recursos de pessoal e material são igualmente empregados pela operação e manutenção, é normal que os Centros de Operação Local e os Centros de Manutenção Local sejam coincidentes, racionalizando deste modo os custos.

É evidente que, tanto os Centros de Operação como os Centros de Manutenção, não se restringem somente ao multiplex, sendo empregados para as outras técnicas utilizadas na rede, tais como rádio, televisão etc.

b) Centros de Manutenção Regionais

Se agora considerarmos a Fig. 12.4, onde existe um sistema multiplex mais complexo, em que, normalmente, temos um Centro de Manutenção Local em cada estação terminal atendida, seria extremamente antieconômico dotar cada um destes centros, de recursos de pessoal e material necessários para recuperar e ajustar a maioria das unidades existentes na rede multiplex. Assim sendo, de acordo com os escalões de manutenção apresentados anteriormente, surge a necessidade dos Centros de Manutenção Regional que, além de possuírem uma oficina melhor aparelhada que as dos Centros de Manutenção Local, executam as atividades indiretas de manutenção, relacionadas ao segundo escalão, ou seja:

– Normalização dos procedimentos de manutenção preventiva e corretiva a serem adotados pelos Centros Locais, de acordo com a filosofia geral de manutenção da Empresa;
– Apoio aos Centros Locais com relação à necessidade de pessoal especializado, instrumental, componentes e consumíveis necessários ao desempenho das atividades de manutenção;
– Levantamento das necessidades de pessoal e material do próprio Centro Local;

— Coordenação do programa para aferição do instrumental dos Centros de Manutenção Local.

Com relação às atividades diretas de manutenção, o Centro Regional é responsável pela recuperação daquelas unidades cuja manutenção foge à competência dos Centros Locais, bem como pela aferição e recuperação dos instrumentos empregados pelos Centros Locais e pelo próprio Centro Regional.

Além dos recursos de pessoal necessários para a execução das atividades indiretas de manutenção, anteriormente referidas, bem como dos elementos técnicos com um grau de especialização bem mais alto que o pessoal dos Centros Locais, os Centros de Manutenção Regional devem estar providos de recursos materiais, tais como:

— Almoxarifado responsável por todo o material necessário ao Centro de Manutenção Regional, e que também faz o controle e distribuição dos componentes sobressalentes e consumíveis para os Centros Locais;

— Instalações de oficina e ferramental compatíveis com o segundo escalão de manutenção;

— Instrumental de testes e acessórios que inclui aqueles já citados para os Centros Locais, além de outros mais sofisticados, tais como:

- Padrões secundários de nível e freqüência para aferição do instrumental de teste;
- Analisador de espectro;
- Gerador de varredura;
- Traçador e registrador;
- Gerador de funções;
- Analisador de transistores;
- Comparador de circuitos integrados.

— Manuais técnicos dos equipamentos existentes na Região;

— Formulários próprios ao registro das manutenções efetuadas.

A fim de possibilitar o uso comum dos recursos de pessoal e de material, bem como centralizar os trabalhos regionais de normalização e avaliação de desempenho de operação e manutenção, não só do multiplex, como de todas as áreas técnicas envolvidas na rede, é conveniente que haja coincidência na localização geográfica do Centro Regional de Operação com o Centro Regional de Manutenção.

c) Centro de Manutenção Nacional

Na Rede Nacional de Transmissão, que envolve todo o território nacional, o conceito de Centro Regional evolui para o de um Centro de Manutenção Nacional, cujas principais atividades indiretas de manutenção são:

— Definição de toda a filosofia e política de manutenção da rede, bem como a emissão dos documentos normativos básicos a respeito;

— Avaliação da qualidade de manutenção a nível nacional, através de indicadores próprios;

— Execução de inspetorias técnicas, nas quais a aplicação dos procedimentos de manutenção normalizados é diretamente observada nos Centros Locais e Centros Regionais;

— Coordenação geral das atividades de manutenção da rede;

— Definição dos níveis de manutenção de cada centro, bem como os recursos necessários para os mesmos;

— Especificação de todo o instrumental e demais materiais empregados na manutenção da rede;

— Avaliação da qualidade dos equipamentos em operação, a fim de fornecer subsídios para qualificação de novos sistemas a serem instalados;

— Definição de novos centros de manutenção ou transferência dos existentes, quando da ampliação da rede.

Ao Centro de Manutenção Nacional está associado o terceiro escalão de manutenção, devendo existir, sob responsabilidade direta desse centro, um Laboratório dotado de pessoal técnico do mais elevado grau de especialização, cujas principais atividades são:

— Recuperação de todos os tipos de unidades existentes nos equipamentos da rede, com excessão de unidades de tecnologia particular, cuja pequena quantidade existente na rede não justifique a dotação de instrumental para este fim. Estas unidades deverão ser recuperadas pelos próprios fabricantes, ou outras empresas indicadas pelo Laboratório;

— Aferição dos padrões secundários das oficinas regionais, através dos padrões primários do Laboratório;

— Homologação de modificações executadas nos equipamentos em operação, sejam de projeto ou de substituição de componentes;

— Desenvolvimento de projetos para otimização dos sistemas;

— Definição dos cronogramas de aferição de instrumental e coordenação da execução dos mesmos pelas oficinas regionais.

Pelos mesmos motivos apresentados em relação aos Centros Regionais, a localização geográfica do Centro Nacional de Manutenção deve, preferencialmente, coincidir com a do Centro Nacional de Operação, caracterizando deste modo um centro único, responsável pelo acompanhamento de todos os aspectos de manutenção e operação de todas as técnicas envolvidas na rede.

12.5.4 — Níveis de Gerência

A semelhança do que ocorre na gerência de operações e levando em conta o escalonamento existente para os Centros de Manutenção, a gerência de manutenção também é exercida em vários níveis, correspondentes a visões distintas da rede e que estão apresentadas a seguir:

a) Primeiro nível de gerência

E aquele ao qual está associado uma visão local da rede, estando a gerência mais ligada ao acompanhamento da execução das atividades de manutenção preventiva e corretiva, bem como dos problemas mais imediatos do sistema. A avaliação da qualidade de manutenção é feita por indicadores que possibilitem uma análise rápida e ação imediata.

b) Segundo nível de gerência

É aquele ao qual está associados uma visão regional da rede. Neste nível, a gerência avalia o desempenho da manutenção, procurando melhor adequar os recursos e procedimentos normalizados em todos os Centros Locais e no Centro Regional, identificando pontos críticos, para os quais estabelece soluções ou as solicita à Gerência Nacional.

c) Terceiro nível de gerência

É aquele ao qual está associado uma visão nacional da rede. A esta gerência cabe a avaliação e aprimoramento constante da organização de manutenção, compatibilizando seus procedimentos com as atividades operacionais e com as diversas áreas tecnológicas envolvidas na rede.

12.5.5 — Fluxos de Informações

Os dois tipos de fluxos de informações, anteriormente definidos para a gerência de operações, são igualmente aplicáveis para a gerência de manutenção, ou seja:

— Um fluxo de informações composto de indicadores predeterminados, dos níveis de gerência local, no sentido da gerência regional e da gerência nacional, permitindo avaliar a qualidade da manutenção;

— Um segundo fluxo, orientado nos dois sentidos, entre os elementos especialistas dos diversos níveis de gerência, visando a maior eficiência das atividades de rotina, através da dinamização das informações e coordenações adicionais aos procedimentos normalizados na Empresa.

12.5.6 — Qualidade de Manutenção

Conforme já mencionamos anteriormente, a avaliação de qualidade de manutenção é feita através de três tipos de indicadores, os quais serão apresentados a seguir:

a) Indicadores de desempenho de sistema

Estes indicadores são aqueles que permitem avaliar os resultados finais do ponto de vista de satisfação do usuário, refletindo as influências das atividades diretas e indiretas da manutenção e operação. Como alguns dos indicadores de desempenho de sistema para avaliação da qualidade de operação (disponibilidade, tempo médio de recuperação — MTTR e qualidade de transmissão), também são sensíveis aos resultados da manutenção, como veremos adiante, estes também são empregados como indicadores de desempenho de sistema para avaliação da qualidade de manutenção.

A disponibilidade, como já vimos, é função não só do MTBF dos equipamentos envolvidos, como também do MTTR.

O MTBF é um parâmetro que, como será visto no próximo Item *b*, depende, entre outros fatores, da qualidade da manutenção preventiva e corretiva.

O MTTR é composto de três parcelas, uma das quais é o tempo médio de manutenção (TMM), função direta da equipe de manutenção corretiva.

A qualidade de transmissão também depende da manutenção preventiva, bem como de procedimentos certos de manutenção corretiva.

b) Indicadores de desempenho de equipamento

O principal indicador de desempenho de equipamento é o *tempo médio entre falhas* (MTBF — "Mean Time Between Failure"), parâmetro que permite avaliar o grau de confiabilidade dos equipamentos em relação à ocorrência de defeitos. Considerando-se o funcionamento de um equipamento durante um determinado período T_0, em que ocorreram n ($n>1$) defeitos, o tempo médio entre falhas é definido como:

$$\text{MTBF} = \frac{T_0}{n-1} \tag{12.5}$$

O denominador aparece como $n - 1$ porque estamos considerando tempo médio *entre* falhas.

Geralmente, não dispomos somente de um só equipamento, mas de N equipamentos em operação, fazendo com que a expressão anterior se modifique para:

$$\text{MTBF} = \frac{N \times T_0}{n-1} \tag{12.6}$$

Por exemplo, no sistema multiplex apresentado no Cap. 6, Item 6.4, a localidade *D* que possui 900 modem's de canal, apresentou 142 defeitos durante 1 ano de operação. O MTBF dos MODEM's de canal será:

$$\text{MTBF} = \frac{900 \times 365 \times 24}{142 - 1} = 55\,521 \text{ horas}$$

O MTBF previsto pelos fabricantes para os diversos tipos de equipamentos, basicamente, considera a confiabilidade dos componentes empregados e detalhes do projeto. Todavia, a qualidade de manutenção a que estão sujeitos os equipamentos, tem grande influência no MTBF. A manutenção preventiva mal feita, bem como uma manutenção corretiva executada, utilizando-se componentes não equivalentes e ajustes fora do especificado, reduzem sensivelmente o MTBF.

A nível de gerência nacional, o desempenho dos equipamentos multiplex é feito através do acompanhamento, ao longo do tempo, do MTBF dos equipamentos de cada fabricante, distinguindo-se inclusive, para cada fabricante, os diversos modelos de equipamento em que existam diferenças fundamentais. Por exemplo, a tabela abaixo apresenta o MTBF de equipamento de translação de supergrupo, durante um ano, referente a 5 fabricantes.

MTBF de janeiro de 74 à janeiro de 75			
Fabricante	*Translação de supergrupo*		
	Equipamentos em Operação	*Total de Falhas*	*MTBF*
A	2	0	—
B	40	5	87 600
C	67	77	7 722
D	546	8	683 280
E	116	0	—

Fig. 12.6 – Tabela de MTBF de equipamentos multiplex.

12.5.5 — Fluxos de Informações

Os dois tipos de fluxos de informações, anteriormente definidos para a gerência de operações, são igualmente aplicáveis para a gerência de manutenção, ou seja:

— Um fluxo de informações composto de indicadores predeterminados, dos níveis de gerência local, no sentido da gerência regional e da gerência nacional, permitindo avaliar a qualidade da manutenção;

— Um segundo fluxo, orientado nos dois sentidos, entre os elementos especialistas dos diversos níveis de gerência, visando a maior eficiência das atividades de rotina, através da dinamização das informações e coordenações adicionais aos procedimentos normalizados na Empresa.

12.5.6 — Qualidade de Manutenção

Conforme já mencionamos anteriormente, a avaliação de qualidade de manutenção é feita através de três tipos de indicadores, os quais serão apresentados a seguir:

a) Indicadores de desempenho de sistema

Estes indicadores são aqueles que permitem avaliar os resultados finais do ponto de vista de satisfação do usuário, refletindo as influências das atividades diretas e indiretas da manutenção e operação. Como alguns dos indicadores de desempenho de sistema para avaliação da qualidade de operação (disponibilidade, tempo médio de recuperação — MTTR e qualidade de transmissão), também são sensíveis aos resultados da manutenção, como veremos adiante, estes também são empregados como indicadores de desempenho de sistema para avaliação da qualidade de manutenção.

A disponibilidade, como já vimos, é função não só do MTBF dos equipamentos envolvidos, como também do MTTR.

O MTBF é um parâmetro que, como será visto no próximo Item *b*, depende, entre outros fatores, da qualidade da manutenção preventiva e corretiva.

O MTTR é composto de três parcelas, uma das quais é o tempo médio de manutenção (TMM), função direta da equipe de manutenção corretiva.

A qualidade de transmissão também depende da manutenção preventiva, bem como de procedimentos certos de manutenção corretiva.

b) Indicadores de desempenho de equipamento

O principal indicador de desempenho de equipamento é o *tempo médio entre falhas* (MTBF — "Mean Time Between Failure"), parâmetro que permite avaliar o grau de confiabilidade dos equipamentos em relação à ocorrência de defeitos. Considerando-se o funcionamento de um equipamento durante um determinado período T_0, em que ocorreram n ($n>1$) defeitos, o tempo médio entre falhas é definido como:

$$\text{MTBF} = \frac{T_0}{n-1} \tag{12.5}$$

O denominador aparece como $n - 1$ porque estamos considerando tempo médio *entre* falhas.

Geralmente, não dispomos somente de um só equipamento, mas de N equipamentos em operação, fazendo com que a expressão anterior se modifique para:

$$\text{MTBF} = \frac{N \times T_0}{n-1} \tag{12.6}$$

Por exemplo, no sistema multiplex apresentado no Cap. 6, Item 6.4, a localidade *D* que possui 900 modem's de canal, apresentou 142 defeitos durante 1 ano de operação. O MTBF dos MODEM's de canal será:

$$\text{MTBF} = \frac{900 \times 365 \times 24}{142 - 1} = 55\,521 \text{ horas}$$

O MTBF previsto pelos fabricantes para os diversos tipos de equipamentos, basicamente, considera a confiabilidade dos componentes empregados e detalhes do projeto. Todavia, a qualidade de manutenção a que estão sujeitos os equipamentos, tem grande influência no MTBF. A manutenção preventiva mal feita, bem como uma manutenção corretiva executada, utilizando-se componentes não equivalentes e ajustes fora do especificado, reduzem sensivelmente o MTBF.

A nível de gerência nacional, o desempenho dos equipamentos multiplex é feito através do acompanhamento, ao longo do tempo, do MTBF dos equipamentos de cada fabricante, distinguindo-se inclusive, para cada fabricante, os diversos modelos de equipamento em que existam diferenças fundamentais. Por exemplo, a tabela abaixo apresenta o MTBF de equipamento de translação de supergrupo, durante um ano, referente a 5 fabricantes.

MTBF de janeiro de 74 à janeiro de 75			
Fabricante	*Translação de supergrupo*		
	Equipamentos em Operação	*Total de Falhas*	*MTBF*
A	2	0	—
B	40	5	87 600
C	67	77	7 722
D	546	8	683 280
E	116	0	—

Fig. 12.6 – Tabela de MTBF de equipamentos multiplex.

À nível de gerência local, normalmente, o acompanhamento do desempenho dos equipamentos é feito através da evolução do número absoluto de defeitos, verificando a existência de fatores locais responsáveis por alguma distorção, como por exemplo, erros de instalação, condições ambientais (temperatura e umidade), manutenção inadequada etc.

c) Indicadores de atividades de manutenção

À semelhança do que ocorre na operação, a verificação do desempenho de atividades de manutenção nem sempre é feita através de indicadores pois, para algumas tarefas o único controle a se estabelecer é o acompanhamento da execução das atividades, segundo os fluxogramas estabelecidos e cronogramas existentes. Entretanto, para as tarefas de manutenção corretiva são utilizados dois indicadores para avaliar estas atividades: tempo médio de manutenção (TMM) e tempo médio de conserto de unidade (TMCU).

O TMM corresponde ao tempo médio gasto pela equipe de manutenção para recuperação de equipamento defeituoso e execução dos testes de verificação necessários. Este tempo constitui uma das três parcelas que compõem o tempo médio de recuperação de anormalidade (MTTR). O TMM se presta, normalmente, à gerência local, sendo eventualmente do interesse dos outros níveis de gerência, quanto os valores do MTTR ultrapassarem o índice-objetivo.

O TMCU se destina a verificar a eficiência das oficinas, em qualquer dos escalões. O tempo de conserto da unidade é contado desde a entrada da mesma na oficina, até o instante em que a unidade se encontra novamente em condições de retornar à operação.

Questionário

INTRODUÇÃO

Através de questionários constituídos por perguntas e problemas relativos aos assuntos abordados neste volume, forneceremos os meios para que o leitor possa verificar os conhecimentos adquiridos.

Cada capítulo deste livro possui seu questionário específico a fim de que, caso o leitor não consiga responder ou solucionar um item, possa fazer uma revisão do assunto a que se refere.

VIII — Capítulo 8: Fatores de Degradação da Qualidade do Sinal do Sistema Multiplex

8.1 — Qual é a diferença entre percentual de articulação e intelegibilidade de um sistema utilizado para transmissão de voz?

8.2 — Descreva como se verifica a qualidade de transmissão de um sistema de transmissão através de provas de articulação.

8.3 — Como é determinado o AEN de um sistema de transmissão telefônica?

8.4 — Quais os dois fatores que determinam a faixa de freqüências de um canal de voz e qual a faixa padronizada pelo CCITT?

8.5 — O que é distorção por atenuação de um circuito telefônico? Explique como é feita a medida desta distorção.

8.6 — Explique a diferença entre distorção harmônica e distorção por intermodulação.

8.7 — Descreva os métodos de medida da distorção harmônica e da distorção por intermodulação no multiplex.

8.8 — O que é distorção por retardo e em quais tipos de transmissão ela provoca degradação de qualidade?

8.9 — Explique o que é retardo de grupo, descrevendo após o método recomendado pelo CCITT para sua medida.

Rever o Cap. 8 até o Item 8.4, antes de prosseguir o questionário, caso tenham surgido dúvidas até aqui.

8.10 — O que é tremor de fase ("phase fitter") e em que tipos de serviço ele causa problemas?

8.11 — Por que o ruído prejudica uma comunicação telefônica?

8.12 — Explique o que é o ruído térmico.

8.13 — Calcule a potência de ruído térmico gerada por uma bobina de um filtro de grupo mestre, cuja resistência é de 500 Ω e que funciona à temperatura de 27°C.

(Resp.: 10,2 pW.)

8.14 — O que é ruído impulsivo e em que tipo de comunicações o mesmo causa interferência?

8.15 — Por que o ruído de intermodulação é importante para o projeto de um sistema multiplex?

8.16 — Descreva um psofômetro e explique a sua utilidade.

8.17 — O que é fator de ponderação psofométrico? Calcule o fator de ponderação para uma faixa de 10 kHz.

8.18 — Num ponto cujo nível relativo é + 7 *dBr*, obteve-se uma leitura de 20×10^3 pW. Calcule a relação sinal ruído neste ponto.

(Resp.: $S/N = 54\,dB$.)

8.19 — O que é fator de ponderação *C*-Message?

8.20 — Se a medida de ruído num canal multiplex for de 25 *dBa*, quais as leituras obtidas neste mesmo canal, quando se utilizar:

a) Um profômetro?

b) Um medidor nº 3A?

(Resp.: *a*) — 59 *dBmp*; *b*) 31 *dBrnC*.)

8.21 — Explique, através de um exemplo, como é feita a medida do ruído impulsivo.

8.22 — No sistema hipotético do Cap. 6, calcule o limite de ruído para projeto da rota *CD*, sabendo que a distância rádio é 1 050 km e a do cabo coaxial é 10 km.

(Resp.: 53,0 *dBmOp*.)

Rever o Cap. 8 até o Item 8.6, antes de prosseguir o questionário, caso tenham surgido dúvidas até aqui.

8.23 — Quais os problemas que pode causar um excesso de nível num canal multiplex?

8.24 — O que é "ponto de quebra" de um amplificador e o que ocorre com o sinal de saída quando este ponto é atingido?

8.25 — Defina "fator de atividade" dos canais de um sistema multiplex.

8.26 — O que é "fator de pico" dos canais de um sistema multiplex?

8.27 — Explique como é determinada a carga de um sistema multiplex, apresentando o cálculo para um sistema com 900 canais, onde 90% da canalização é utilizada para transmissão telefônica, 8% para transmissão telegráfica e 2% para transmissão de dados.

8.28 — Qual é a utilidade do diagrama de níveis de uma Terminal Multiplex?

8.29 — Explique suscintamente como é feito o alinhamento de nível de uma Estação Multiplex.

8.30 — Qual é a tolerância máxima recomendada pelo CCITT para a freqüência reconstituída num sistema multiplex?

8.31 — Para atingir esse objetivo, o que recomenda o CCITT?

8.32 — O que é escape de portadora e como se mede?

8.33 — Explique o que é diafonia, apresentando a diferença entre as diafonias inteligível e ininteligível.

8.34 — Quais são as causas principais da diafonia?

8.35 — Quais são os fatores que ocasionam a diafonia não linear, a diafonia de transmitância e a diafonia de acoplamento?

8.36 — Explique o que é diafonia próxima ou paradiafonia e diafonia distante ou telediafonia, apresentando o método utilizado para medir cada um desses fatores de degradação do sinal.

8.37 — O que é distorção por descasamento e quais os problemas que a mesma pode ocasionar?

8.38 — Explique a diferença entre perda de retorno na híbrida e perda trans-híbrida.

8.39 — Como se expressa o grau de descasamento nos sistemas de comunicações e qual o método utilizado para a sua medida?

8.40 — O que é o eco e qual a causa deste fenômeno?

8.41 — Quais os métodos empregados para limitar o eco? Explique-os.

8.42 — O que é estabilidade de uma ligação?

8.43 — Quais são os fatores que provocam instabilidade numa ligação telefônica?

IX — Capítulo 9: Usos Especiais do Multiplex

9.1 — O que são teleimpressores?

9.2 — De que maneira são transmitidos os sinais telegráficos, quando devem ser cobertas distâncias além das áreas urbanas, isto é, envolvendo circuitos interurbanos?

9.3 — Num sistema telegráfico cuja velocidade seja 75 bauds, qual o tempo de duração do menor elemento do sinal?

(Resp.: aproximadamente 13 ms.)

9.4 — No sistema da Questão 9.3, qual a largura de faixa de freqüências necessária para sua transmissão nos seguintes casos:

a) Modulação em amplitude?

b) Modulação FSK com desvio de ± 45 Hz?

(Resp.: *a*) 75 Hz; *b*) 165 Hz.)

9.5 — Quais as funções do conversor de sinalização no multiplex telegráfico?

9.6 — No multiplex telegráfico AM, o que ocorre após o sinal telegráfico ter modulado a respectiva portadora?

9.7 — Qual é a razão de não se empregar a modulação ASK nos equipamentos multiplex para telegrafia de 100 bauds e 200 bauds?

9.8 — Um sistema de 24 canais telegráficos AM utiliza um canal multiplex telefônico como meio de transmissão. Qual deve ser o máximo nível absoluto (*dBm*) de cada canal telegráfico, num ponto de — 16*dBr* do canal multiplex telefônico? Para um sistema de 24 canais telegráficos FM, qual deve ser esse nível?

(Resp.: — 36,45*dBm* e — 38,52*dBm* respectivamente.)

9.9 — Um sistema multiplex telegráfico está equipado somente com 6 canais telegráficos de 100 bauds. Qual é o limite de potência por canal telegráfico, no interface com multiplex telefônico?

(Resp.: — 19,5*dBm*0).

9.10 — Um sistema multiplex telefônico de 900 canais possui um supergrupo, em que 10 canais estão sendo utilizados como meio de transmissão do multiplex telegráfico. Deseja-se saber:

a) Se a distribuição desses canais está adequada?

b) Se é possível utilizar mais canais deste sistema como meio de transmissão do multiplex telegráfico?

Rever o Cap. 9 até o Item 9.1.8, antes de prosseguir o questionário, caso tenham surgido dúvidas até aqui.

9.11 — Em que caso o valor numérico da taxa de sinalização binária de um sinal de dados é igual ao da velocidade de impulsos do mesmo?

9.12 — Um sinal de dados de 9 600 bits/s adota um código de 8 níveis. Qual é a sua velocidade de sinalização?

(Resp.: 3 200 bauds).

9.13 — Como se classifica, quanto à valência, um sinal de dados detectável em 8 diferentes níveis?

9.14 — Num sistema de transmissão de dados em que se pretende transmitir um máximo de dados, numa velocidade nunca superior a 2 400 bits/s, deve ser usado o modo síncrono ou assíncrono?

9.15 — Qual é a freqüência de corte de um filtro passa-baixa, que permite a transmissão de um sinal de dados monovalente de 19.200 bits/s, na forma digital?

(Resp.: 9 600 Hz).

9.16 — Qual é a faixa de freqüências necessária para transmitir o sinal da Questão 9.15, na forma de sinais senoidais modulados em FSK ($\Delta f = 200$ Hz)?

(Resp.: 19.600 Hz).

9.17 — Se desejarmos utilizar um canal de voz de 4 kHz do FDM, como meio de transmissão do sinal da Questão 9.16, um código de quantos níveis deveremos empregar?

(Resp.: 128 níveis).

9.18 — Em que estágio do multiplex telefônico deve ser inserido um sistema de transmissão de dados na velocidade de 48 kbits/s?

9.19 — Pode um canal de um sistema multiplex telefônico, devidamente alinhado dentro das recomendações do CCITT, servir como suporte de um sistema de transmissão de dados operando na velocidade de 9600 bits/s?

9.20 — Nos sistemas de fac-símile, quais os fatores que definem a faixa de freqüência a ser ocupada?

9.21 — Se para transmitir uma figura com um determinado grau de clareza C são necessários T minutos, o que ocorrerá com aquele grau de clareza se a mesma figura for transmitida num tempo $T/2$, mantidas as demais características do sistema?

9.22 — É recomendável a aplicação de um sistema de fac-símile, próprio para operação em canal de voz, num circuito que apresente as características de resposta de freqüência relativa a 800 Hz, indicadas a seguir?

Freqüência kHz	Dist. Aten. *dB*
0,3	− 0,1
0,5	− 2,0
0,8	0
1,0	+ 1,7
1,5	+ 4,0
2,0	+ 6,9
2,5	+ 9,2
3,0	+ 11,0

9.23 — Para que serve uma fônica?

9.24 — Considerando-se uma fônica, cujos canais telegráficos sejam inseridos no extremo da faixa, quantos canais podem ser incluídos e, para o sistema FM, quais seriam as portadoras virtuais, nos casos:

a) Canal com velocidade de 50 bauds?

b) Canal com velocidade de 100 bauds?

c) Canal com velocidade de 200 bauds?

(Resp.: *a*) 4 canais, respectivamente 2 820, 2 940, 3 060 e 3 180 Hz; *b*) 2 canais, respectivamente 2 880 e 3 120 Hz; *c*) 1 canal, 3 000 Hz.)

9.25 — Qual é a potência média máxima, em *dBm*, de cada sinal telegráfico de uma fônica, que emprega 4 canais telegráficos, num ponto do multiplex telefônico cujo nível relativo é − 2,5*dBr*?

(Resp.: − 26,0*dBm*.)

9.26 — Para que serve, nos sistemas fonotelegráficos, o conversor de toque?

9.27 — Numa transmissão radiofônica que se utiliza do centro de áudio, normalmente, quantos circuitos são usados e para que servem?

9.28 — O que são nos centros de áudio as linhas-troncos?

9.29 — O que limita o número de usuários de um centro de áudio e o que orienta a relação entre o número de entradas e de saídas?

9.30 — Qual o recurso existente no centro de áudio para melhorar as características de uma LP a ele interligada?

9.31 — Por que um programa radiofônico que exija alta-fidelidade, não pode usar um canal de áudio comum para ser transmitido em um sistema multiplex?

9.32 — De acordo com o CCITT, qual o tipo de canal programa que deve ser empregado quando se deseja uma transmissão estereofônica?

9.33 — Em que estágio do multiplex telefônico são introduzidos os canais programa?

9.34 — Em termos de canalização telefônica, qual a mínima disponibilidade necessária para que se possa introduzir um canal programa?

X — Capítulo 10: Multiplexação por Divisão de Tempo (TDM)

10.1 — Considerando-se um canal programa, cuja largura de faixa nominal seja 16 kHz, qual deverá ser a freqüência de amostragem suficiente para uma perfeita recuperação desse sinal? Nesse exemplo, qual o intervalo de tempo entre duas amostragens sucessivas?

(Resp.: 32 kHz e 31,25 μs, respectivamente.)

10.2 – O que ocorre no espectro de um sinal amostrado, cuja largura de faixa seja W_m Hz, se a freqüência de amostragem for menor que $2W_m$ Hz? Na prática, o que é feito para que esse fenômeno não ocorra, tendo em vista que os filtros empregados não são ideais?

10.3 – Qual é a função do filtro passa-baixa, na etapa de amostragem da modulação de pulsos em código?

10.4 – Para que serve a quantização?

10.5 – Num sistema em que cada nível fosse representado por 10 bits, quantos níveis de quantização existiriam, sendo esta linear?

(Resp.: 1 024.)

10.6 – A que é devido o ruído de quantização?

10.7 – Por que os atuais sistemas PCM apresentam melhor característica de relação sinal/ruído de quantização que os primitivos?

10.8 – Qual o artifício empregado nos atuais sistemas PCM com a finalidade de manter constante, ao longo de toda a dinâmica do sinal transmitido, a relação sinal/ruído de quantização?

10.9 – Considerando que: intervalo entre dois níveis de um segmento de reta, na adaptação prática da lei A de compressão, valha V, quanto valerá o mesmo intervalo no segmento imediatamente anterior a esse e no imediatamente seguinte?

10.10 – Basicamente, por que se faz necessária a codificação dos pulsos PAM nos sistemas PCM?

10.11 – Em relação à curva de compressão nos atuais sistemas PCM, o que significa o chamado bit de polaridade?

10.12 – Classificar em ordem crescente de valores absolutos de amplitudes, os seguintes códigos de saída de um codificador de PCM que usa a lei de compressão A:

a) 10101110.
b) 11111111.
c) 00000011.
d) 10110100.
e) 00010000.
f) 00100100.
g) 01010111.
h) 10011100.
i) 11001011.
f) 01001111.

Rever o Cap. 10 até o Item 10.1.3, antes de prosseguir o questionário, caso tenham surgido dúvidas até aqui.

10.13 – Qual a finalidade pretendida ao se desenvolverem sistemas do tipo de Modulação Delta?

10.14 – Num sistema Delta, após um instante de amostragem, quantas possíveis condições podem ser enviadas para a linha?

10.15 – Num sistema Delta, o que é preciso aumentar para reduzir o erro de quantização?

10.16 – Para uma mesma faixa de freqüência, se o primordial for a quantidade de canais, entre um sistema delta e um PCM qual deverá ser a escolha?

10.17 – Dentro da estrutura do sinal TDM, o que significa janela, quadro e multiquadro?

10.18 – Na questão 10.1, qual seria o intervalo de tempo da janela para cada canal programa, bem como o tempo de duração de cada quadro, considerando-se um sistema TDM com 8 desses canais?

(Resp.: janela = 3,9μs; quadro = 31,25μs.)

10.19 – Na estrutura de um sistema TDM, o que define a capacidade do mesmo?

10.20 – Por que existe a necessidade do sincronismo no TDM?

10.21 – O que é tributário de um TDM?

10.22 – Sob o aspecto de diafonia, qual a implicação decorrente se fosse usado na linha um código do tipo binário NRZ?

10.23 – Em que consiste o código AMI?

10.24 – Quando o sinal TDM-PCM é enviado à linha, são agregadas outras informações? Em caso afirmativo, exemplifique.

10.25 – Qual a grande vantagem dos repetidores de linha nos sistemas TDM-PCM em relação ao dos sistemas FDM?

10.26 – O que ocorrerá na saída de um regenerador de um sistema TDM-PCM, se na entrada deste houver um pulso de ruído impulsivo, num intervalo de tempo correspondente a um zero, cujo nível seja superior ao limiar de detecção? E se aquele nível for inferior ao referido limiar?

10.27 – Por que uma longa seqüência de zeros num sistema TDM-PCM provocaria uma perda de sincronismo?

10.28 – O que ocorre na recepção do sinal de linha TDM-PCM, além da sua regeneração?

10.29 – Na recepção de um sistema TDM-PCM, qual é o tipo de sinal que se obtém após a etapa de decodificação, pronto para a demultiplexação?

10.30 – O que é necessário para reconstituir o sinal contínuo original, após a etapa de demultiplexação de um sistema TDM-PCM?

10.31 – Um sistema TDM de 2ª ordem (8448 kbits/s) interliga duas localidades distantes 28km, através de um cabo microcoaxial. Se o tráfego telefônico entre as duas localidades indica uma necessidade de 480 circuitos, pergunta-se:

a) Se empregarmos TDM's-PCM como tributários do TDM de 2ª ordem, quantos sistemas de 8448 kbits/s serão necessários?

b) Para cada sistema, quantos repetidores regeneradores serão necessários?

(Resp.: *a*) 4 sistemas; *b*) 6 repetidores regeneradores.)

10.32 – Qual é a diferença entre um TDM transparente e um TDM não transparente?

10.33 – Qual é a capacidade de canais telegráficos de 110 bauds de um TDM transparente (64 kbits/s), cuja taxa de sinalização binária do sinal codificado é de 500 bits/s?

(Resp.: 120 canais.)

10.34 – No TDM não transparente, as unidades "stop" dos caracteres do sinal assíncrono são transmitidas?

10.35 – Explique porque o TDM de dados síncronos (64 kbits/s), que emprega entrelaçamento de envelopes de 8 bits, só tem uma capacidade de 80 canais de 0,6 kbits/s, visto que 80 x 0,6 kbits/s = = 48 kbits/s.

10.36 – Explique como funciona o TASI.

Bibliografia

Capítulo 8

— Carrier Telephony Engineering — Volumes I e III. NTT.

— Considerações Básicas sobre Ruído Térmico nos Receptores de Comunicações — *Jorge Panázio e José Paulo A. Albuquerque* (CETUC).

— Microwave Communication — *S. Yonezawa* e *N. Tanaka.*

— Noise: Sources, Characterization, Measurement — *Albert Van der Ziel.*

— Notas sobre Diafonia — *Pirelli do Brasil.*

— The Lenkurt Demodulator (novembro de 1960 e dezembro de 1964).

— Transmission System for Communication — *Bell Telephone Laboratories.*

— Line Transmission — Livro Laranja — Volumes III-1, III-2 e III-3, CCITT.

— Maintenance — Livro Laranja — Volumes IV-1, CCITT.

— Specifications of Measuring Equipament — Livro Laranja — Volume IV-2, CCITT.

— Livro Amarelo — Volumes III-1, III-2, III-3, IV-1, IV-2 e IV-4 CCITT.

Capítulo 9

— Carrier Telephony Engineering — Volume II. NTT.

— Especificação 010/2DE4 para Sistemas Fac-símile — *Publicação da EMBRATEL.*

— Manual do Centro de Áudio da NEC NMS-105A.

— Programme Transmission on Carrier Telephone Routs — *W. Beijnink* (N. V. Philips).

— Recomendação sobre Sistemas Fonotelegráficos — *Publicação da Telerj.*

— Telegraph Tecnique — Livro Verde — Volume VII e CCITT.

— Transmissão de Dados em Linhas Telefônicas — *Publicação da Telerj.*

— Line Transmission — Livro Laranja — Volumes III-1 e III-2, CCITT.

— Maintenance — Livro Laranja — Volumes IV-1 e IV-2, CCITT.

— Telegraph Tecnique — Livro Laranja — Volume VII — CCITT.

— Data Transmission Over the Telephone Network — Livro Laranja — Volume VIII-1, CCITT.

— Livro Amarelo — Volumes III-2, III-3, III-4, VII-1, VII-2, VIII-1 e VIII-2 CCITT.

Capítulo 10

— Amostrador, Quantizador e Codificador — *Giancarlo Zona* (*Sit-Siemens Milão*).

— Carrier Telephony Engineering — Volume III.NTT.

— Estudos de PCM — 1ª Parte — *Publicação da Telerj.*

— Generalita Sulla Transmissione Analogica e Numerica — *Guido Paladin* (*Sip-Roma*).

— Special Issue ou Digital Transmission Tecniques (Sit-Siemens).

10.18— Na questão 10.1, qual seria o intervalo de tempo da janela para cada canal programa, bem como o tempo de duração de cada quadro, considerando-se um sistema TDM com 8 desses canais?

(Resp.: janela = 3,9μs; quadro = 31,25μs.)

10.19— Na estrutura de um sistema TDM, o que define a capacidade do mesmo?

10.20— Por que existe a necessidade do sincronismo no TDM?

10.21— O que é tributário de um TDM?

10.22— Sob o aspecto de diafonia, qual a implicação decorrente se fosse usado na linha um código do tipo binário NRZ?

10.23— Em que consiste o código AMI?

10.24— Quando o sinal TDM-PCM é enviado à linha, são agregadas outras informações? Em caso afirmativo, exemplifique.

10.25— Qual a grande vantagem dos repetidores de linha nos sistemas TDM-PCM em relação ao dos sistemas FDM?

10.26— O que ocorrerá na saída de um regenerador de um sistema TDM-PCM, se na entrada deste houver um pulso de ruído impulsivo, num intervalo de tempo correspondente a um zero, cujo nível seja superior ao limiar de detecção? E se aquele nível for inferior ao referido limiar?

10.27— Por que uma longa seqüência de zeros num sistema TDM-PCM provocaria uma perda de sincronismo?

10.28— O que ocorre na recepção do sinal de linha TDM-PCM, além da sua regeneração?

10.29— Na recepção de um sistema TDM-PCM, qual é o tipo de sinal que se obtém após a etapa de decodificação, pronto para a demultiplexação?

10.30— O que é necessário para reconstituir o sinal contínuo original, após a etapa de demultiplexação de um sistema TDM-PCM?

10.31— Um sistema TDM de 2ª ordem (8448 kbits/s) interliga duas localidades distantes 28km, através de um cabo microcoaxial. Se o tráfego telefônico entre as duas localidades indica uma necessidade de 480 circuitos, pergunta-se:

a) Se empregarmos TDM's-PCM como tributários do TDM de 2ª ordem, quantos sistemas de 8448 kbits/s serão necessários?

b) Para cada sistema, quantos repetidores regeneradores serão necessários?

(Resp.: *a*) 4 sistemas; *b*) 6 repetidores regeneradores.)

10.32— Qual é a diferença entre um TDM transparente e um TDM não transparente?

10.33— Qual é a capacidade de canais telegráficos de 110 bauds de um TDM transparente (64 kbits/s), cuja taxa de sinalização binária do sinal codificado é de 500 bits/s?

(Resp.: 120 canais.)

10.34— No TDM não transparente, as unidades "stop" dos caracteres do sinal assíncrono são transmitidas?

10.35— Explique porque o TDM de dados síncronos (64 kbits/s), que emprega entrelaçamento de envelopes de 8 bits, só tem uma capacidade de 80 canais de 0,6 kbits/s, visto que 80 x 0,6 kbits/s = = 48 kbits/s.

10.36— Explique como funciona o TASI.

– Manual do PCM de 30 canais da Hasler.

– Western Union Digital Services – John E. Cox — Preceedings of the IEEE, Vol. 60, nº 11, November 72.

– Planning of a Digital Hierarchy – M. Décima — Preceedings of the IEEE, Vol. 20, February 72.

– Line Transmission — Livro Laranja — Volume III-2, CCITT.

– Line Transmission — Livro Verde — Volume III-3, CCITT.

– Telegraph Tecnique — Livro Laranja — Volume VII, CCITT.

– Data Transmission Over the Thelephone Network — Livro Laranja — Volume VIII-1, CCITT.

– Public Data Networks — Livro Laranja — Volume VIII-2, CCITT.

Impressão e Acabamento
IONELI - Indústrias Gráficas Ltda..
Rua Viúva Cláudio, 81 - Tel. 201-2644

SISTEMAS MULTIPLEX

Os Sistemas Multiplex permitem o desenvolvimento simultâneo de diversas ligações telefônicas, telegráficas, de facsímile e outros serviços de telecomunicações sobre um mesmo meio de transmissão de alta capacidade, como por exemplo, os sistemas de radiovisibilidade.

Tais sistemas vieram tornar exequível o atendimento ao enorme volume das atuais necessidades de telecomunicações e seu perfeito conhecimento é de importância fundamental para os profissionais de telecomunicações.

SISTEMAS RADIOVISIBILIDADE

Os Sistemas Radiovisibilidade constituem, atualmente, o principal suporte das comunicações a longa distância, permitindo o desenvolvimento das ligações telefônicas interurbanas e internacionais, transmissão de programas de televisão entre centros afastados e mais um grande número de serviços de telecomunicações.

Devido à grande extensão do território brasileiro, estes sistemas encontram grande aplicação, sendo seu conhecimento de importância fundamental para os profissionais de telecomunicações.

SISTEMAS DE ENERGIA

Qualquer sistema, quer natural ou projetado, que execute alguma função, pressupõe uma fonte de energia. Os Sistemas de telecomunicações são um exemplo típico. As necessidades de eficiência e confiabilidade na transmissão de informação implicam em características especiais para os sistemas de energia associados.

É objetivo deste livro apresentar, em forma didática, os sistemas de energia atualmente em uso em sistemas de telecomunicações.

SISTEMAS ANALÓGICO-DIGITAIS

As telecomunicações, na atualidade, estão sofrendo profundas modificações com o emprego das técnicas digitais e com as aplicações de comunicação de dados. Estas transformações vêm exigindo uma revisão conceitual e uma complementação de formação nos profissionais de telecomunicações.

É objetivo deste livro apresentar, em forma didática, os conceitos básicos das técnicas de telecomunicações, tratando de forma integrada as técnicas analógicas e as técnicas digitais.

SISTEMAS TELEGRÁFICOS

Os Sistemas Telegráficos são largamente utilizados quando se faz necessário o registro por escrito da informação transmitida, sendo os principais usuários deste serviço, organizações bancárias, industriais, comerciais, governamentais etc.

A constante modernização dos equipamentos de telecomunicações possibilitou o desenvolvimento das mais variadas configurações de redes e serviços telegráficos.

Este livro destina-se a apresentar os conceitos básicos necessários ao conhecimento dessas redes e serviços, bem como dos equipamentos envolvidos, sendo de grande importância para técnicos e engenheiros de telecomunicações.

ISBN: 85-216-0290-1